

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1936-1937

N° 36

RECHERCHES SUR LE CACAO ET LE CHOCOLAT

THÈSE

pour l'obtention du Diplôme de Docteur de l'Université de Paris
(PHARMACIE)

présentée et soutenue le 12 Octobre 1937

PAR

Madeleine ALLINNE

Pharmacien

JURY { MM. Em. PERROT, *Président.*
L. LAUNOY, *Professeur.*
Ch. BEDEL, *Agrégé.*

PARIS

IMPRIMERIE CENTRALE

5, rue Erard

1937

**Recherches sur le cacao
et le chocolat**

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1936-1937

N° 36

RECHERCHES SUR LE CACAO ET LE CHOCOLAT

THÈSE

pour l'obtention du Diplôme de Docteur de l'Université de Paris
(PHARMACIE)

présentée et soutenue le 12 Octobre 1937

PAR

Madeleine ALLINNE

Pharmacien

JURY { MM. Em. PÉRROT, *Président.*
L. LAUNOY, *Professeur.*
Ch. BEDEL, *Agrégé.*

PARIS

IMPRIMERIE CENTRALE

5, rue Erard

1937

Personnel de la Faculté de Pharmacie de Paris

ADMINISTRATION

MM. GUERIN, *Doyen*, O. ✱, ☉ I.
P. LEBEAU, *Assesseur*, O. ✱, ☉ I.
P. DESPORT, *Secrétaire*, ✱, ☉ I.

PROFESSEURS

MM. GUERIN, O. ✱, ☉ I	Botanique générale.
PERROT, C. ✱, ☉ I	Hist. natur. des médicam.
COUTIERE, O. ✱, ☉ I	Zoologie.
LEBEAU, O. ✱, ☉ I., m. de l'Inst.	Pharmacie chimique.
BOUGAULT, O. ✱, ☉ I	Chimie analytique.
GORIS, O. ✱, ☉ I	Pharmacie galénique.
TASSILLY, O. ✱, ☉ I	Physique.
DAMIENS, ✱, ☉ I	Chimie minérale.
HERISSEY, O. ✱, ☉ I	Chimie biologique.
SOMMELET, ✱, ☉ I	Chimie organique.
LUTZ, ✱, ☉ I	Cryptogamie et Microbiologie
FABRE, ✱, ☉ I	Toxicologie.
LAUNOY, O. ✱, ☉ I	Professeur sans chaire.

Doyen honoraire: M. RADAIS, O. ✱, ☉ I.

Professeurs honoraires :

MM. BEHAL, G. O. ✱, ☉ I. et DELEPINE, O. ✱, ☉ I., membres de l'Institut
et GUERBERT, ✱, ☉ I.

CHARGÉS DE COURS

MM. Marc HONNORAT, ✱, ☉ I.	Législat. et Déontologie pharmaceut.
LAUNOY, O. ✱, ☉ I.	Pharmacodynamie.
DELABY, ✱, ☉ I.	Hydrologie et Hygiène.
PICON, ☉ I.	Minéralogie.
BACH, ☉ I.	Microbiologie.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. DELABY, ✱, ☉ A.	MM. BACH, ☉ I.
PICON, ☉ I.	BEDEL, ☉ I.
MASCRE, ☉ I.	REGNIER, ☉ I.
FLEURY, ☉ I.	

CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

MM. BEDEL, ☉ I., *agrégé*, chargé des T.P. de 1^{re} année. Chimie génér.
FLEURY, ☉ I. et REGNIER, ☉ I. : *agrégés*,
chargés des travaux de Chimie analytique.
SOUEGES, ☉ I. — Micrographie.
LEROUX, ✱, ☉ I. — Physique.
DEVAL, ✱, ☉ I. — Microbiologie.
DELABY, ✱, ☉ I., PICON, ☉ I. et MASCRE, ☉ I. :
agrégés, chargés des travaux généraux de 4^e année.

Bibliothécaire en Chef: M. GARNIER, ☉ A.



A M. LE PROFESSEUR EM. PERROT

Commandeur de la Légion d'Honneur,
Membre de l'Académie de Médecine,
Membre de l'Académie d'Agriculture,
• Membre de l'Académie des Sciences Coloniales.

*Qui m'a fait le grand honneur de présider
cette Thèse.*

*Hommage de bien vive gratitude et de
profond respect.*

A M. LE PROFESSEUR L. LAUNOY

Officier de la Légion d'Honneur.

*Dont la bienveillante sollicitude a aiguillé
ma carrière.*

Hommage de ma respectueuse gratitude.

A M. RAOUL LECOQ

Pharmacien-Chef de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye.

Qui m'a guidée dans ce travail.

Hommage de ma profonde reconnaissance.

A MA GRAND'MERE

A MES PARENTS

A MA TANTE

A LA MÉMOIRE DE MON AMIE

YVELETTE ROUX

A MES FRERES

A TOUS LES MIENS

ET A MES AMIS

Témoignage de profonde affection.

INTRODUCTION

Dès son premier voyage en Afrique Occidentale, notre Maître, le Professeur Em. PERROT, avait prévu que la culture du cacaoyer pouvait rapidement devenir une source de richesse pour la Côte d'Ivoire.

Les plantations entreprises sur son initiative ont si bien prospéré, qu'à l'heure actuelle, la Côte d'Ivoire s'inscrit au quatrième rang des producteurs de cacao.

Au cours de ses recherches sur le cacao, il fut amené à souligner les inconvénients de la fermentation, opération empirique dont la conduite laisse trop fréquemment à désirer.

Esprit éminemment réaliste et pratique, il ne s'est pas contenté de mentionner le danger, il a cherché à y remédier. Logiquement, il s'est trouvé ainsi conduit à proposer, en 1913-14, la stabilisation des graines fraîches de cacao.

Des essais industriels, malheureusement trop limités, tentés à cette époque par M. H. MÉNIER, à la demande du Professeur PERROT, ont montré tout l'intérêt de cette méthode.

La stabilisation des graines fraîches de cacao conduisait à l'étude des transformations chimiques subies par le cacao au cours des diverses opérations (fermentation, torréfaction) auxquelles il est soumis pour développer son arôme, avant la fabrication du chocolat.

La composition des chocolats était également intéressante à envisager, en tenant compte de l'introduction récente de la lécithine du soja dans la fabrication des pâtes.

Déjà notre Maître, M. Raoul LECOQ, Pharmacien-Chef de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye avait étudié quelques-unes de ces questions. Il avait également, en collaboration avec le Professeur PERROT, examiné la valeur alimentaire de toute une série de farines industrielles, dites complètes, en utilisant la méthode biologique.

Les préoccupations et les problèmes posés par ces deux maîtres devaient être à l'origine du travail qui nous fût proposé et que nous avons accepté avec enthousiasme.

L'importance de notre sujet nous a empêché, malheureusement, de le traiter aussi complètement que nous l'aurions désiré, et nous a obligé à laisser encore inexplorés de vastes horizons. Nous nous en excusons, présentant très simplement dans cette thèse les résultats de trois années de recherches.

Nous remercions Monsieur le Professeur PERROT de nous avoir ouvert son laboratoire des Hautes-Etudes, où la direction éclairée de Monsieur PARIS nous a permis de poursuivre nos recherches, sur l'étude chimique des graines de cacao.

Nous remercions également Monsieur LECOQ, qui a mis à notre disposition les ressources du Laboratoire de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye, où nous avons plus spécialement poursuivi l'étude des chocolats et de leur valeur biologique.

Le plan de notre travail est le suivant :

Le premier chapitre rappelle le rôle du chocolat, au point de vue historique, alimentaire et thérapeutique.

Le deuxième chapitre résume brièvement les conditions de la culture du cacaoyer, la récolte du cacao et la répartition de la production mondiale.

Le troisième chapitre étudie l'influence de divers traitements sur la constitution chimique du cacao et plus particulièrement, sur les osides et les tanoïdes. Une rapide mise au point des travaux antérieurs a été faite.

Le quatrième chapitre est réservé à l'étude chimique des divers chocolats.

Le cinquième chapitre est consacré à la détermination, sur le pigeon et sur le rat blanc, de la valeur alimentaire des divers chocolats.

Le sixième chapitre applique l'analyse biologique à l'étude des insuffisances protidiques et vitaminiques des chocolats et précise leur action antirachitique.

Le septième chapitre, enfin, recherche l'action sur le quotient respiratoire et sur le métabolisme de base,

chez l'homme, de quelques chocolats ou préparations chocolatées.

En terminant cette présentation, nous tenons à exprimer à M. le Professeur PERROT notre respectueuse admiration et notre profonde gratitude pour la bienveillante sollicitude, avec laquelle il a bien voulu encourager et suivre nos travaux. Nous avons largement profité de la longue expérience coloniale de ce Maître éminent et du savoir si vaste et si divers qu'il possède en qualité d'explorateur, de botaniste et de chimiste.

Que notre Maître, M. Raoul LECOQ, trouve ici le témoignage de notre affectueuse gratitude. C'est de façon bien imparfaite que nous pouvons le remercier pour l'accueil si bienveillant que nous avons reçu dans son laboratoire de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye et pour les précieux enseignements que nous devons à sa haute compétence dans le domaine de l'analyse biologique et à son expérience en matière de chocolaterie.

A M. le Professeur LAUNOY, qui nous a orienté vers la profession de pharmacien, nous apportons nos remerciements particulièrement affectueux et reconnaissants. Son cours si vivant de pharmacodynamie nous a initié à l'expérimentation biologique et nous sommes heureuse d'avoir pu mettre en pratique ses enseignements dans un domaine très voisin de la pharmacodynamie.

Que M. le Professeur agrégé Ch. BEDEL, qui a bien voulu accepter de faire partie du jury de notre thèse, trouve ici l'expression de nos sentiments profondément reconnaissants.

Nous exprimons nos remerciements à Monsieur PARIS, chef de Laboratoire de l'Ecole Pratique des Hautes-Etudes scientifiques, qui a bien voulu guider nos recherches chimiques. Son expérience du laboratoire et sa grande compétence nous ont été d'un précieux secours.

Qu'il nous soit permis de remercier aussi M. le Docteur R. WEITZ, qui nous a fait bénéficier avec tant d'obligeance de sa vaste érudition et de ses connaissances bibliographiques.

Ce travail a pu être mené à bien grâce à deux subventions qui nous ont été allouées sur les fonds des legs LE METTAIS et POUSSON. Qu'il nous soit permis d'exprimer nos plus sincères remerciements au Conseil de la Faculté de Pharmacie de Paris.

Nous n'oublierons pas enfin d'exprimer notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont mis gracieusement à notre disposition les matières premières nécessaires à notre travail: M. le Gouverneur de la Côte d'Ivoire, le regretté M. JACQUIN, qui fut pour nous si bienveillant, ainsi que les chocolateries SUCHARD et POULAIN, MM. L. et P. DARDENNE, pharmaciens et M. STUSSI, directeur de l'Ovomaltine.

Pour terminer nous remercions tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, ont favorisé notre travail, spécialement M. Maurice PETIT, directeur de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye et Mlles E. JULIEN et E. LE ROUX.

CHAPITRE PREMIER

LE CACAO ET LE CHOCOLAT A TRAVERS LES AGES

*A nata terris Arbor in ultimis,
Et Mexicanis gloria litteris,
Foecunda succo quo superbit
Aetherium Chocolata nectar.*

*Tibi omne lignum cedat, et omnium
Propago florum: Laurus adoreis
Nectens triumphis, Quercus, Alnus,
Et Libani preciosa Cedrus (1).*

Ainsi s'exprimait, en 1664, le Jésuite Alonzius FERONIOUS dans une ode à la gloire du cacaoyer, qu'il dédiait au Cardinal Francis Maria BRANCACIO.

L'arbre qu'il célébrait si lyriquement n'était connu en Europe que depuis un demi-siècle à peine.

Le cacao, originaire d'Amérique, fut introduit dans l'Ancien Continent par les Espagnols au xvi^e siècle, après la conquête du Mexique.

En 1494, parmi les curiosités que Christophe COLOMB rapporta d'Amérique, se trouvaient des graines brunes dont il ignorait l'usage. En 1524, CORTEZ expédia à CHARLES-QUINT de ces graines, qui servaient de monnaie aux Aztèques, et qu'ils utilisaient également pour pré-

(1) Ce que l'on peut traduire :

O arbre né aux confins du monde,
Dont se glorifient les lettres mexicaines,
O suc fécond dont s'enorgueillit
Le chocolat, nectar digne des Dieux.

Que s'effacent devant toi tous les végétaux
Et toute la race des fleurs; le Laurier qui lie
Les gerbes triomphales, le Chêne, l'Aulne
Ainsi que le précieux Cèdre du Liban.

parer une boisson, fort estimée par eux, appelée *Chocolatl*, (de *Choco*, rappelant le bruit du moulinet dans la chocolatière, et de *atle* qui signifie « eau ») (49).

*
**

Connu au Mexique depuis la plus haute antiquité, l'arbre producteur de cacao, le *cacahuatl*, était l'objet d'un culte chez les habitants primitifs de ce pays, les Toltèques, avant l'invasion des Aztèques. Dans la mythologie de ce peuple, le cacaoyer, semblable à l'arbre du bien et du mal des Juifs, était le plus bel ornement du Paradis mexicain, situé non loin de Tula.



FIG. I. — Symbole du Sud chez les Mexicains: deux divinités sous le cacaoyer portant des fruits. (D'après une vieille inscription mexicaine).

C'est là, raconte la légende (16), que vivait *Quetzacoatl* le jardinier-prophète, doué de la science universelle. *Quetzacoatl* était heureux dans son palais magnifique, lorsqu'un jour, voulant connaître l'immortalité, il se laissa tenter par un malin nécromant, *Titlacahua*, et but le breuvage magique que celui-ci lui présentait. Mais hélas, à peine eut-il vidé la coupe fatale, que sa raison s'égara. Il se mit à pleurer à chaudes larmes et fit détruire toutes ses richesses: il changea les cacaoyers en *Mizquitts*, arbres inutiles, chassa les oiseaux du jardin, puis s'enfuit à travers le Yucatan et fut enlevé par le

Grand Esprit, pour devenir le Génie de la Pluie et de la Rosée.

Les peuples du Mexique n'oublièrent pas les bienfaits du divin Jardinier et lui vouèrent un culte sous le nom de *Votan*, qui signifie « serpent couvert de plumes ». L'on trouve fréquemment ce serpent emplumé parmi les antiquités mexicaines.

L'empereur MONTEZUMA II, qui régnait en despote sur le Mexique au moment de la conquête espagnole, faisait une grande consommation de chocolat.

Bernal DIAZ DEL CASTILLO, invité au palais, raconte (34) qu'à la table de l'Empereur, « après les plats chauds, « au nombre d'environ trois cents, chacun recevait un « gobelet d'or rempli d'une sorte de liqueur faite à par- « tir du cacao et de nature très excitante. Ce breuvage « était présenté au monarque par des femmes avec une « grande vénération ». L'empereur buvait ce chocolat, épais comme du miel, et le gobelet, artistement travaillé, ne servait qu'une fois, étant aussitôt jeté dans le lac qui bordait le palais et d'où l'on retira plus tard un véritable trésor.

La préparation de cette liqueur demandait un travail minutieux : « Le cacao et les autres ingrédients dit « René MOREAU (75), se pilent et se broient en une pierre « qu'ils appellent *metate*, faite tout exprès. La première « chose que l'on fait, c'est de griller et de bien dessécher « au feu tous les ingrédients afin qu'ils se puissent aisé- « ment piler ». Ces ingrédients étaient le chilé, ou poivre du Mexique, et l'achiotte ou rocou, pour colorer. On obtenait une pâte qui servait à préparer la boisson, en la mêlant à de l'eau bouillante; le mélange était brassé avec un instrument de bois appelé *molinillo* « jusqu'à « ce que les parties grasses et huileuses, précise Jean de « LAET, flottent dessus, lesquelles on escume et met à « part, puis après on mesle avec le reste de la liqueur « l'*atolle* ».

L'*atolle*, sorte de bouillie de maïs, était consommée par les gens du peuple qui buvaient le mélange dans une noix de coco ou *técomate*. Les riches, eux, édulcoraient leur chocolat avec du miel ou du suc de maguey et le prenaient dans des écailles de tortues finement ouvragées. Le chocolat était toujours bu froid.

Cette mixture ne fut d'abord pas appréciée des palais européens et le voyageur Girolamo BENZONI la considère comme étant « plutôt faite pour les pourceaux que pour les hommes ». « Breuvage, dit Jean de LAET, combien qu'il ferait vomir celui qui n'y est pas accoustumé, par son escume qui boult par-dessus comme de la boue » (44).

*
**

Les conquérants espagnols cependant ne tardèrent pas à adopter l'usage du chocolat. Ils avaient découvert au cacao toutes sortes de vertus curatives: « Ils en font aussi une certaine paste, dit Jean de LAET, qu'ils veulent guérir les maux de poitrine, d'estomach et les catarrhes ».

Ils faisaient grande consommation de chocolat, constate le voyageur Thomas GAGE, qui visita le Mexique après la conquête: « Deux ou trois heures, raconte-il, après un bon repas de trois ou quatre plats différents de mouton, veau, bœuf, chevreau, dindes ou autres volailles, nos estomacs, prêts à défaillir, étaient soutenus par une coupe de chocolat, qui nous était fourni en grande abondance » (26).

Des *chocolaterias* s'ouvraient de tous côtés à Mexico et les femmes créoles étaient si friandes de la boisson nouvelle qu'elles s'en faisaient apporter par leurs servantes, relate Thomas GAGE, au milieu de la messe ou du sermon.

Cette coutume finit par offenser le clergé, et l'évêque de Chiapa frappa d'excommunication toute personne ayant eu la hardiesse de consommer du chocolat pendant l'Office divin. Les dévotes abandonnèrent alors la Cathédrale, et allèrent entendre la messe dans des couvents, où l'on était plus tolérant. L'évêque se fâcha et fit publier une nouvelle excommunication, mais, là-dessus, il tomba malade et mourut empoisonné... par une tasse de chocolat!

La renommée de cette divine boisson parvint à la métropole et l'on se mit à consommer du chocolat en Espagne, mais le secret de son origine fut jalousement gardé pendant tout le xvi^e siècle et des lois sévères en défendirent l'exportation. Il demeura ignoré du reste de

l'Europe et l'on raconte que des marins hollandais ayant capturé un navire chargé de cacao, jetèrent à la mer sa cargaison en la traitant avec mépris de « crottes de brebis ».

Les autres nations ne connurent le cacao qu'au xvii^e siècle. En 1606, le Florentin Antonio CARLETTI, revenant des Antilles, vulgarisa la fabrication du chocolat et répandit son usage en Italie. Quelques années plus tard, le cacao pénétrait en Europe centrale, en France, en Flandre, en Angleterre et en Hollande. Lorsqu'ils connurent enfin son usage, les Hollandais se livrèrent à une contrebande fructueuse avec les colonies espagnoles de Terre-Ferme et de Caraque, puis dès 1634 commencèrent à développer la culture du cacaoyer dans leur colonie de Curaçao.

Dans certains pays la nouvelle boisson fut accueillie avec défiance, ainsi à Vienne, Franciscus RAUCH publiait dès 1624 une brochure dans laquelle il accusait le chocolat d'enflammer les passions et défendait son usage aux moines (87).

*
**

En France, le chocolat aurait été apporté dès 1609 par des Juifs venus d'Espagne, qui s'installèrent à Bayonne. La Reine ANNE D'AUTRICHE l'introduisit à la cour de France en 1615, mais ce breuvage ne se répandit que lentement tout d'abord, le cacao étant encore fort rare. Il devint à la mode parmi la noblesse vers le milieu du siècle, et l'on faisait venir à grand frais de l'étranger des cuisiniers experts à le préparer; aussi, boisson de luxe, resta-t-il l'apanage des riches jusqu'à la fin du xvii^e siècle.

En 1643, paraissait à Paris la traduction française par René MOREAU de l'ouvrage espagnol d'Antonio COLUMENERO de LEDESMA, publié à Madrid en 1631 (75). Cette brochure, traduite également en Latin, en Anglais, en Italien et en Allemand, aida beaucoup à la vulgarisation du cacao. On y trouve notamment la recette du chocolat espagnol de cette époque, chocolat fort épicé! « Sept « cens cacao, une livre et demye de sucre blanc, deux « onces de cannelle, quatorze grains de poivre du Mexi- « que appelé *chilé* ou *pimento*, demye once de clou de

« girofle, trois petits grains de campèche ou en son lieu
« le poids de deux réals d'anis, aussi gros qu'une noi-
« sette d'achiotte, qui soit suffisant pour lui donner cou-
« leur, quelques uns y adjoustent des amandes, des noi-
« settes et de l'eau de fleur d'oranges ».

Les aromates, en France, furent réduits à la vanille, et à la cannelle. On ajoutait parfois du musc ou de l'ambre gris pour parfumer ; ainsi la Marquise de POMPADOUR se faisait servir à son déjeuner du chocolat à triple vanille et ambré, accompagné de truffes et de potage au céleri, afin de rendre une vigueur passagère à son tempérament épuisé.

La pratique mexicaine du brassage dans la chocolatière était traditionnelle au XVII^e et au XVIII^e siècles :
« D'abord, dit Voltaire, lorsque Candide et Martin sont
« reçus chez le noble Pocourante, deux filles jolies et
« proprement mises servirent du chocolat, qu'elles firent
« très bien mousser » (100).

En 1659, David CHALIOU, officier de la Reine, obtint le privilège exclusif, pour une durée de 29 ans de « faire
« faire, vendre et débiter dans toutes les villes et autres
« lieux de ce royaume qui bon luy semblera, une cer-
« taine composition qui se nomme chocolat, soit en li-
« queur ou pastille, en boîtes ou telle autre manière
« qu'il luy plaira ». Ce privilège fut réduit à 15 ans par le Parlement.

Une grosse controverse religieuse, entamée dès le début du siècle, reprit de plus belle en 1658, lorsqu'un medecin espagnol, Gaspar CALDERA de HEREDIA, essaya de prouver, au moyen d'arguments savants, que le chocolat rompt le jeûne. Les Jésuites se firent les champions de ce dernier et le Cardinal BRANCACIO répondit par une petite brochure démontrant que le chocolat, étant une boisson comme le vin et la bière, ne rompait pas le jeûne. Le révérend père ESCOBAR appliqua également à celui-ci le postulat : « *Liquidum non frangit jejenum* » et dès lors les carêmes furent pieusement observés en prenant du chocolat à l'eau toute la journée (49).

C'est en l'année 1671, que le chocolat connut sa plus grande vogue et du FOUR de la Crespillère, médecin-poète, le célèbre en vers :

Mais discourant du Chocolate,
Paste de qui le nom éclate
Et dont on se sert à présent,
Comme un médicament plaisant;
Car l'on en compose un breuvage,
Dont à Paris l'on fait usage,
Qui de cette paste a le nom,
Breuvage que l'on trouve bon.

Mais comme toute chose à la mode, il connut des revers passagers. « On le maudit, on l'accuse de tous les « maux qu'on a, il est la source des vapeurs et des palpitations », écrit à M^{me} DE GRIGNAN, la Marquise DE SÉVIGNÉ, le 15 avril 1671 (97).

Elle recommande à sa fille enceinte de ne pas prendre de chocolat : « La Marquise DE COETLOGON, lui écrit-elle le 25 octobre, prit tant de chocolat étant grosse l'année passée qu'elle accoucha d'un petit garçon noir comme le diable qui mourut ».

LOUIS XIV n'aimait pas le chocolat. Aussi, raconte M^{me} de MONTPENSIER, la Reine MARIE-THÉRÈSE qui en raffolait, se cachait-elle pour prendre le sien, qu'elle se faisait préparer par une femme de chambre amenée d'Espagne : LA MOLINA. Cependant, le *Mercure Galant* de 1682 nous apprend qu'on servait à Versailles du chocolat les jours de divertissement ; il fut supprimé en 1693 par raison d'économie.

Après le privilège de CHALIOU, le sieur DAMANE obtint un nouveau privilège en 1692, mais le résilia de lui-même. La vente du chocolat devint libre pendant quelque temps et les limonadiers débitants ouvrirent boutiques en maints endroits. Mais, en 1704, le fisc cherchant un nouveau revenu, on rétablit un privilège héréditaire, vendu fort cher, et le nombre des limonadiers parisiens fut réduit à 150.

D'autre part, des droits élevés avaient été imposés sur le cacao en 1693. En 1717, ces droits furent réduits à 10 centimes la livre pour le cacao des Iles Françaises, alors que le cacao espagnol restait imposé à 75 centimes la livre. Ces Iles Françaises étaient la Martinique, où la culture du cacao avait été introduite en 1660 par un riche Israélite, Benjamin D'ACOSTA, et la partie française de Saint-Domingue, où cette culture avait été également introduite par DOGERON peu de temps après.

*
* *

En Angleterre, le chocolat devint en faveur dans l'aristocratie au milieu du ^{xvii}e siècle, au moment de la *Commonwealth*. Sa popularité grandissante amena l'ouverture des fameuses *chocolate houses* (34).

C'est par un Français que la première fut ouverte à Londres, dans *Bishops Gate Street*. « On y peut consommer à toute heure une excellente boisson venant des Indes, appelée *chocolate*, pour un prix très raisonnable », annonce le *Public Advertiser* du 16 juin 1657.

Mais, bientôt, les protectionnistes s'inquiétèrent et l'un d'eux, dans le *Harleian Miscellany*, soumettait, en 1673, au Parlement, une proposition « prohibant l'usage du brandy, rhum, café, chocolat et thé, ces boissons nuisant grandement à la consommation de l'orge et du houblon, produits de notre pays ». Les importations en étaient telles que les sujets de Sa Majesté dépensaient chaque année plus de 400.000 £ de ces boissons exotiques. Ils obtinrent satisfaction et, pendant un siècle et demi, des taxes élevées firent du chocolat une boisson coûteuse, réservée aux riches. Ce n'est qu'en 1833 que, GLADSTONE ayant réduit les taxes sur les denrées coloniales, la consommation du chocolat commença à prendre les proportions actuelles.

Notons en passant que ce sont dans les *chocolate houses* que les fameux clubs anglais prirent naissance. L'une de ces maisons, *The cocoa tree*, après avoir été le rendez-vous des sévères Tories, puis des membres du parti Jacobite, sous le règne de la reine ANNE, devint un cercle littéraire fameux, auquel appartinrent en particulier GIBBON et BYRON. La *White's chocolate house*, près du Palais Saint-James, qui fut au ^{xvii}e siècle le rendez-vous des gens à la mode, devint plus tard le home du respectable *White's club*, qu'on dit être le plus vieux du monde.

*
* *

A la fin du ^{xvii}e siècle, le chocolat perdit un moment sa faveur. LISTER, dans son *Voyage à Paris en 1798*, se montre peu généreux. « Le chocolat, dit-il, a été imaginé par les pauvres Indiens affamés, comme l'ale le fut

« par nous. Quelle autre raison qu'un luxe déréglé a pu
« porter ces peuples (les Français), riches en vins excel-
« lents, la plus saine et la plus généreuse des boissons,
« à recourir aux misérables expédients de la pau-
« vreté ? » (71).

Tel n'était cependant pas l'avis des médecins qui avaient découvert au chocolat des propriétés curatives merveilleuses contre les maux de poitrine, d'estomac, les fièvres, les nerfs délicats et même... les épanchements biliaires. DE BLÉGNY le recommande en effet « pour arrêter la bile épanchée qui provoque les vomissements et qui fait les coliques bilieuses, le choléra morbus, la diarrhée et la dysenterie (7) ».

Le chocolat eût d'ailleurs au XVIII^e siècle des admirateurs fervents parmi les grands personnages. Le régent Philippe D'ORLÉANS avait supprimé son petit lever et c'est à « son chocolat » qu'on venait lui faire la cour le matin, rapporte le maréchal DE BELLE-ISLE. LOUIS XV, qui préférait le café lorsqu'il était en compagnie de la DU BARRY, prenait cependant toujours du chocolat avec la Reine les jours de jeûne. VOLTAIRE, dit-on, fût initié au chocolat par Ninon DE LENCLOS, qui dut peut-être à la divine boisson d'avoir conservé sa beauté jusqu'à un âge avancé.

Grâce à ses vertus médicamenteuses, le cacao fut inscrit à la pharmacopée, et le Codex de 1758 indique la préparation d'un sirop de tortue (*syrupus testudinibus resumptivus*) qui ne contient pas moins de dix-neuf espèces, parmi lesquelles figurent des amandes de cacao torréfiées (15). Au même Codex est mentionné le beurre ou huile de cacao (*oleum e nucleis cacao*), dont les usages sont variés; il entrait dans la composition de la poudre pectorale ou *looch sicum* et dans celle de pommades contre « les hémorroïdes, les rhumatismes, les dartres et toutes sortes d'ulcères ». Enfin, les femmes l'utilisaient pour le visage, mêlé à de l'huile d'amande douce.

Quant au chocolat, c'était un excipient agréable, très utilisé, et les apothicaires vendaient du chocolat purgatif, stomachique, pectoral, voire même des chocolats anaphrodisiaques et antivénériens.

Le chocolat triompha dans les officines au début du XIX^e siècle grâce à l'initiative du pharmacien DE BAUVE.

Après avoir exercé la pharmacie pendant quinze ans à Saint-Germain-en-Laye, DE BAUVE alla s'installer à Paris où il devint chocolatier du roi. « Aux personnes qui manquent d'embonpoint, il offre, dit BRILLAT-SAVARIN, dont il est le fournisseur, le chocolat analeptique au saleg; à celles qui ont les nerfs délicats, le chocolat anti-spasmodique à la fleur d'oranger; aux tempéraments susceptibles d'irritation, le chocolat au lait d'amande; à quoi il ajoutera sans doute le *chocolat des affligés*, ambré et dosé *secundum artem* » (11).

Depuis lors, le chocolat connut un développement considérable sous des formes variées, tablettes, napolitains, bonbons, crottés, sans oublier les pralines qui inspirèrent à un auteur moderne, MOUSNIER, les strophes suivantes :

Certains qu'on nomme Hurluberlus
Vont courant après les chimères,
Poètes maigres, chevelus,
Déguenillés, traîne-misère.
Ils vivent parmi d'autres sphères...
Les malheureux ne savent pas
Qu'il existe un bonheur sur terre:
Les Pralines de chocolat.

CHAPITRE II

LE CACAOYER, SA CULTURE et la RÉCOLTE du CACAO

Petit arbre originaire des forêts de l'Amérique centrale, où il pousse encore à l'état sauvage, le cacaoyer est maintenant cultivé dans la zone tropicale de toutes les parties du monde.

Description

Les différentes espèces du genre *Theobroma*, appartiennent à la famille des Sterculiacées et fournissent presque toutes des fruits à graines comestibles.

On connaît à l'état sauvage une dizaine de *Theobroma*, mais seul le *Theobroma Cacao* ou cacaoyer est cultivé, et c'est lui que nous allons décrire.

A l'état sauvage, l'arbre très rameux peut atteindre de huit à dix mètres de hauteur; mais, en culture, on le réduit par la taille à 4-5 mètres environ pour faciliter la cueillette des fruits. Le tronc, très droit, a de 15 à 20 cm. de diamètre et donne naissance à quatre ou cinq grosses branches obliques formant couronne.

Les feuilles, à pétiole court, sont grandes, simples, alternes, arrondies à la base et aiguës au sommet. Elles mesurent de 15 à 35 cm. de longueur sur 15 à 12 cm. de largeur. La face supérieure est d'un vert brillant, tandis que la face inférieure velue apparaît blanchâtre.

La floraison commence à quatre ou cinq ans et se poursuit d'une façon ininterrompue pendant toute l'année.

Les inflorescences, en petits fascicules cymeux de 1-5, apparaissent à l'aisselle des feuilles tombées, sur le tronc et les grosses branches uniquement. Elles sont blanches, jaunâtres, roses, ou tachées de pourpre, la corolle et le calice sont également colorés. Les 5 pétales ont une forme très particulière : la base, en cuiller, est rabattue

sur les étamines, la partie médiane est rétrécie et la partie terminale s'allonge en spatule. L'androcée est composée de 5 faisceaux de 2-3 étamines alternant avec 5 staminodes linéaires dressés et velus. L'ovaire, supère, possède 5 loges renfermant plusieurs séries verticales d'ovules anatropes. Le style, terminé par 5 stigmates, est couvert de poils glanduleux.

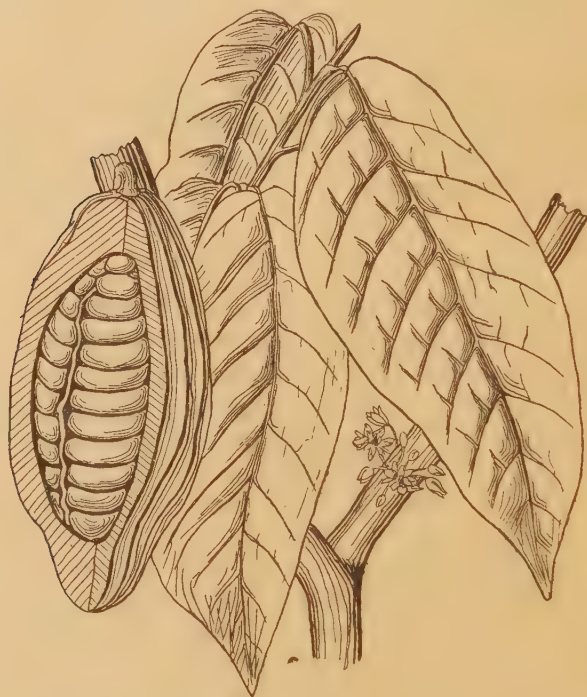


FIG. II. — Feuilles, fruit et fleurs du cacaoyer. Les fleurs et les fruits n'apparaissent que sur le tronc et les grosses branches.

Environ quatre mois après la floraison, le fruit arrive à maturité; il ne s'en forme environ qu'un pour mille fleurs. C'est une « cabosse » ovoïde, oblongue, glabre, marquée de 10 sillons longitudinaux alternant avec autant de côtes et mesurant de 12 à 20 cm. de longueur. Fixées sur le tronc et les grosses branches, les cabosses ont de riches couleurs passant du vert au jaune d'or, puis au rouge ou au pourpre lorsqu'elles sont mûres, ce qui donne un aspect pittoresque à la plantation.

Sur un arbre en plein rendement, on compte environ 50 à 100 cabosses à la fois, contenant chacune de 20 à 40 graines. La section transversale montre un péricarpe épais et coriace, renfermant une pulpe mucilagineuse blanchâtre dans laquelle sont nichées les graines empilées les unes sur les autres autour d'une colonne placentaire centrale.

La graine, de la taille d'une grosse fève, est recouverte d'un tégument blanchâtre qui brunit assez rapidement à l'air. Elle renferme un embryon à cotylédons charnus, plissés, imbriqués et enveloppés d'un albumen muqueux très réduit adhérent au tégument. La couleur des cotylédons frais est tantôt blanche, jaunâtre ou rose, tantôt d'un beau violet pourpre. Après la fermentation, ils prennent une couleur brun violacé ou brun noirâtre.

Les différentes variétés de *Theobroma Cacao* sont classées d'après la forme des fèves en trois types principaux : Criollo, Forastero, Calabacillo.

a) *Criollo* (créole). — Les amandes arrondies sont recouvertes d'un tégument mince. La section est blanchâtre ou rose pâle à l'état frais. L'arbre a une ramification peu développée, des feuilles petites. Cette variété fournit les cacaos les plus estimés par leur arôme très fin, tels sont par exemple le *Puerto-Cabello* du Vénézuëla et le cacao de Ceylan. Malheureusement la culture de ce cacaoyer est assez délicate, il est fragile et ne peut être acclimaté partout.

b) *Forastero* (étranger). — Les amandes sont légèrement aplaties et recouvertes d'un tégument épais. La section est d'un beau violet pourpre. L'arbre est vigoureux et plus productif que le criollo, les feuilles sont plus grandes. Ce type comprend plusieurs variétés, qui diffèrent : 1° par la forme des cabosses, verruqueuses, en forme de bouteille (*cundeamor verruquiosa*), ou lisse en forme de melon (*amelonado*), cultivée en Afrique ; 2° par la grosseur des fèves et surtout leur arôme. Ainsi l'*Ariba* de l'Equateur, à grosses fèves très aromatiques, est un « cru » fort estimé, tandis que les Forasteros africains, de la Côte d'Ivoire en particulier, à petites fèves peu aromatiques, servent à la grande consommation, mais sont moins appréciés.

Il existe des hybrides de Forastero et de Criollo. Ainsi KNAPP cite un cacaoyer de Ceylan dont les cabosses

contiennent 37 % de fèves blanches et 63 % de fèves pourpres (38).

c) *Calabacillo* (fruit en forme de calebasse). — Ce n'est qu'une variété du Forastero dont les fèves sont petites, et plates, assez amères, la section est violette. Les feuilles sont petites, l'arbre très rustique s'accommode de terrains pauvres. Certains cacaos de l'Afrique occidentale appartiennent à ce dernier type.

Culture

Le cacao commercial provient uniquement de la culture. Les cacaoyers sauvages de l'Amérique tropicale ne sont l'objet d'aucune récolte.

La culture du cacaoyer réclame de grands soins, et, comme le fait observer notre Maître le Professeur Em. PERROT (78), ses conditions dépendent de nombreux facteurs : nature du sol, exposition, régime fluvial, vents. Nous en résumons les grandes lignes.

Le cacaoyer exige un climat tropical chaud et humide, avec des chutes de pluie régulières, une température assez uniforme, toujours supérieure à 12° (l'optimum étant de 23° à 28°), un terrain riche en humus, assez argileux, peu calcaire, suffisamment meuble et perméable à l'eau, car la stagnation est à éviter.

Les plantations de cacaoyer sont toujours établies sur un sol qui n'a pas été épuisé récemment par une autre culture, sur une zone forestière défrichée de préférence.

L'arbre a besoin d'être abrité au début de sa croissance jusqu'au moment où ses ramifications sont assez étendues pour couvrir le sol de leur ombre propre. On plante à cet effet des espèces à croissance rapide : bananiers, pois-cajan et taros, qui sont enlevés la quatrième année. En outre, dans les terrains secs, un ombrage léger doit être maintenu sur le cacaoyer adulte ; aussi conserve-t-on parfois, lors du défrichement, quelques arbres espacés pourvus d'un feuillage léger et à ramification étalée ; mais comme il n'est pas toujours aisé de trouver des arbres répondant à ces conditions, le planteur est souvent obligé de faire pousser des arbres abris tels que le *rauwolfia*, l'*albizzia*, l'*angelin*, les *érythrines* ; cette dernière essence fut surnommée la « mère du cacaoyer »

par les Aztèques, qui l'utilisaient déjà dans leurs plantations.

Les cacaoyers sont généralement multipliés en pépinière et repiqués en rangées distantes de 3 à 4 mètres, suivant les conditions. Ils commencent à fleurir vers la troisième année, mais on ne récolte les fruits que la cinquième année; ils fructifient jusqu'à 50 ans, mais leur rendement maximum est compris entre la douzième et la trentième année.

La taille du cacaoyer est très importante; elle doit toujours s'inspirer, dit le Professeur Em. PERROT, « de ce que les fleurs naissent sur le tronc et les grosses branches, et que l'accès de l'air et de la lumière tamisée est nécessaire pour assurer le développement des fruits » (80).

Production

La culture du cacao, uniquement américaine jusqu'au milieu du XIX^e siècle, s'est répandue depuis dans toutes les parties du monde, particulièrement en Afrique où elle a pris une expansion considérable. La production africaine dépasse actuellement de beaucoup la production américaine, mais fournit des cacaos de qualité inférieure à celle des cacaos américains.

a) *Production américaine.*

Le MEXIQUE et les Républiques de l'AMÉRIQUE CENTRALE, pays d'origine du cacaoyer, produisent encore un excellent cacao, mais n'exportent que fort peu, consommant la presque totalité de leur récolte.

Le gros producteur de l'Amérique du Sud est le BRÉSIL, qui, après avoir pris la tête de la production mondiale au début du XX^e siècle, s'est vu dépassé depuis par la Gold Coast. Les trois grands ports de *Para* et de *Maranhao* ou *Maragnan*, qui reçoivent le cacao de la plaine de l'Amazone, et de *Bahia*, où arrive celui des provinces du Sud, exportent les produits commerciaux qui portent leur nom (48). Les fèves qui appartiennent au type « *Forastero* » sont plates, allongées, et d'un arôme assez fort.

L'ÉQUATEUR exporte par son port de *Guayaquil* de

nombreuses variétés, dont les principales sont l'*Ariba*, le *Machala* et le *Balao* (noms des marchés intérieurs), belles fèves Forastero à amandes foncées très aromatiques. Ces cacaos sont parmi les plus cotés sur le marché.

Le VÉNÉZUELA fournit des cacaos appartenant, sauf la sorte *Maracaibo*, au type Criollo et, connus sous le nom de *caraques*, les fèves arrondies à amandes pâles et très aromatiques sont exportées par les ports de *Puerto-Cabello* et de *La Guara*. Les *caraques* 2^e choix non terrés partent de *Campario*.

La COLOMBIE produit et exporte beaucoup moins que ses voisins; son cacao, assez inégal, est moins apprécié.

La culture du cacaoyer est peu développée dans les GUYANES.

TABLEAU I

*Production du cacao en tonnes
dans les principaux pays de 1894 à 1936*

	1894	1904	1914	1924	1930	1936
Amérique						
Brésil.....	10 148	23.180	40.767	64.526	66.862	127.060
Equateur.....	19.560	28.564	45.365	32.664	20.082	20.455
Venezuela.....	6.924	13.048	14 900	18.000	20.000	15.205
Trinité.....	10.252	18.574	28.775	25.578	24.365	12.612
République Dominicaine.....	1.975	13.557	20.611	24.000	20.701	18.242
Grenade.....	3.980	6.226	6.005	4.337	4.641	3.732
Afrique						
Gold Coast.....	9	5.773	53.735	222.279	220.615	290.044
Nigéria.....	—	539	5.018	37.793	50.212	91.594
Côte d'Ivoire.....	—	1	35	—	20.332	49.869
Cameroun.....	—	1.109	5.000	4.495	10.567	24.007
San-Thomé.....	6.135	20.526	33.319	24.934	9.646	14.415
Fernando-Po.....	—	2.010	3.747	7.209	10.215	12.000
Togo.....	—	—	—	—	10.745	9.608
Asie						
Ceylan.....	1.414	3.254	2.500	3.573	3.923	2.768
Indes néerlandaises.....	724	1.140	1.580	1.438	1.202	1.812
Production mondiale...	69.096	150.910	263.000	—	—	687.251

L'île de la TRINITÉ ou TRINIDAD est encore un gros producteur de cacao, bien que ses exportations aient diminué au cours de ces dernières années. Ses grandes plantations, rationnellement organisées, fournissent un cacao du type Forastero, grosses fèves légèrement aplaties à amandes rouges violacées, à saveur forte et aromatique, qui sont très appréciées en France et en Angleterre.

La RÉPUBLIQUE DOMINICAINE exporte par son port de *Saint-Domingue* un cacao de bonne qualité.

La JAMAÏQUE, CUBA et HAÏTI ont une production plus irrégulière.

Les petites Antilles anglaises (SAINT-VINCENT, SAINTE-LUCIE, LA DOMINIQUE) et françaises (GUADELOUPE, MARTINIQUE) n'ont qu'une production insignifiante.

b) Production africaine.

C'est dans leurs petites îles du golfe de Guinée, SAN THOMÉ, ILE DU PRINCE et FERNANDO-Pô, que les Espagnols et les Portugais établirent dès 1830 les premières plantations africaines de cacaoyers.

TABLEAU II

Production du cacao dans les colonies françaises et mandats français

	1903	Moyenne 1909- 13	Moyenne 1923- 27	1930	1932	1933	1934	1935	1936
Colonies									
Côte d'Ivoire	1	19	6.165	22.239	25.776	30.914	41.546	43.553	49.681
Dahomey	—	5	29	22	16	23	—	—	—
A. E. F. (Gabon, Congo) ..	50	106	554	162	219	385	—	—	—
Madagascar	13	52	418	180	264	170	—	—	—
Guadeloupe	600	861	1.000	104	133	124	150	—	—
Martinique	333	558	418	604	287	172	200	—	—
Guyane	26	18	13	4	6	—	—	—	—
Mandats									
Cameroun	—	3.855	5.132	6.166	13.773	17.181	18.706	23.678	24.973
Togo	—	246	5.180	10.745	6.137	6.986	5.866	10.680	8.261
Nouvelles-Hébrides	—	53	1.700	2.265	1.685	1.880	1.800	—	—

Vers 1890, les Anglais commencèrent à cultiver le cacaoyer dans leurs colonies de la GOLD COAST, puis de la NIGERIA. Cette culture a pris depuis lors de telles proportions que la Gold Coast fournit actuellement presque la moitié de la production mondiale.

Dans les colonies françaises, SAVORGNAN DE BRAZZA encouragea dès 1886 les premiers essais de culture au GABON. Mais ceux-ci ne réussirent que médiocrement, et en 1905 cette colonie ne produisait encore qu'une centaine de tonnes par an.

En CÔTE D'IVOIRE, les premiers essais tentés en 1909 furent infructueux. C'est seulement quelques années

plus tard que la culture du cacaoyer prit un essor définitif dans cette colonie, grâce à l'initiative du Professeur Em. PERROT qui, à la suite de sa mission en Afrique Occidentale en 1914, se fit le pionnier de la question (79), y intéressa les pouvoirs publics et guida les colons dans la pratique délicate de cette culture (80).

Un succès magnifique vint couronner ses efforts et, actuellement, la Côte d'Ivoire, qui arrive au quatrième rang des pays producteurs de cacao, suffit non seulement à alimenter la consommation française, mais exporte encore la moitié de sa récolte à l'étranger.

Au CAMEROUN et au TOGO, la culture du cacaoyer, commencée par les Allemands, a pris une grande extension sous le mandat français.

Le CONGO BELGE n'a encore qu'une production assez faible.

Le cacao africain appartient au type *Forastero Amelonado*, fève ovale, assez plate, à coque épaisse, adhérente à l'amande. La saveur est forte, amère, beaucoup moins aromatique que celle du cacao américain. C'est un produit ordinaire de grosse consommation. En Afrique occidentale (aussi bien dans les colonies françaises qu'anglaises), il y a peu de plantations européennes; la culture du cacaoyer est essentiellement indigène. Les gouvernements se sont efforcés d'enseigner aux indigènes des méthodes de culture, de taille, de fermentation et de séchage. Des résultats intéressants ont été obtenus, notamment en Côte d'Ivoire, qui fournit maintenant un produit commercial assez régulier et de bonne qualité.

Il importe de faire une mention spéciale du cacao de MADAGASCAR et des îles COMORES, MAYOTTE et de la RÉUNION, très différent du cacao d'Afrique occidentale. Ces fèves ont une coque très fine et friable, une amande brun clair, à saveur forte et aromatique, et peuvent rivaliser avec les meilleurs cacaos américains. La culture, encore récente à Madagascar, est en voie d'extension.

c) Production asiatique et océanienne.

La culture du cacaoyer à CEYLAN et dans les INDES NÉERLANDAISES (JAVA surtout), est plus ancienne que la culture africaine, mais la production est relativement

faible. Les fèves généralement hybrides Forastero Criollo sont assez aromatiques et de bonne qualité.

Il existe quelques plantations en INDOCHINE française.

SAMOA, ainsi que les NOUVELLES-HÉBRIDES, fournissent un cacao assez fin, tout à fait analogue à celui de Madagascar et de Ceylan.

Le tableau I montre l'extension considérable qu'a pris la production du cacao au cours des quarante dernières années.

La production des colonies françaises, inférieure jusqu'en 1933 à la consommation de la métropole, a pris ces cinq dernières années un essor magnifique, surtout en Côte d'Ivoire. C'est ce que montre le tableau II.

L'augmentation de la production correspond évidemment à une augmentation de la consommation. Le tableau III donne un aperçu de la répartition de celle-ci dans les principaux pays consommateurs.

TABLEAU III

Consommation du cacao dans les principaux pays

	1894	1903	1913	1923	1931	1936
Etats-Unis.....	7.935	27.291	67.595	181.862	190.000	263.155
Grande-Bretagne.....	9.950	18.681	27.560	50.601	61.255	125.240
Allemagne.....	8.319	21.634	51.053	50.749	76.000	78.197
Pays-Bas.....	9.656	10.730	30.016	39.083	61.300	66.493
France.....	14.871	20.741	27.774	38.345	40.750	67.325
Espagne.....	6.726	16.026	6.166	9.400	9.975	—
Suisse.....	2.115	5.856	10.248	5.643	10.383	7.794
Mondiale.....	64.507	121.500	—	—	—	679.128

Récolte

L'arbre fructifiant sans arrêt, la récolte du cacao se fait toute l'année, mais elle est cependant plus importante à certaines époques dépendant du climat et de la région. Il y a généralement deux récoltes principales, dont l'une est plus importante que l'autre.

Au Vénézuëla et aux Antilles, la récolte de novembre-janvier est supérieure à celle de l'été. Au Brésil, la récolte d'hiver (juin-juillet) est aussi la plus importante, celle d'été se fait en janvier-février.

En Afrique occidentale, Côte d'Ivoire, Gold Coast, Cameroun, la meilleure récolte est celle de la saison sèche, d'octobre à janvier; une autre récolte (*midcrop*) se fait pendant la saison humide de mars à juillet, elle donne un cacao inférieur, à fèves plates.

Les cabosses suffisamment mûres sont détachées à l'aide d'une serpette, si elles sont basses, ou d'un émondoir ou couteau spécial fixé au bout d'un manche de bambou pour les cabosses plus élevées; elles sont ensuite mises en tas et ouvertes avec soin, afin de ne pas couper les fèves, qui sont ensuite ôtées à la main par les femmes et les enfants, puis transportées à l'endroit où se fait la fermentation.

Cette opération, considérée jusqu'ici comme indispensable pour fournir un bon produit commercial, a pour but de débarrasser la graine de la pulpe adhérente, de durcir la coque et de produire des modifications dans le goût et la couleur.

Deux procédés sont surtout utilisés selon que les fèves sont mises en tas ou dans des récipients :

1° Les fèves sont mises en *tas* recouverts de feuilles. Ce procédé primitif, répandu en Afrique chez les indigènes, ne permet qu'une fermentation très inégale, car la température n'est pas uniforme à l'intérieur des tas.

2° Les fèves sont placées dans des *caisses*, des *châssis de bois* ou des *cuvés en ciment armé* à fond percé de trous permettant l'écoulement du jus. Pour obtenir un produit uniforme, la masse est agitée tous les deux jours, soit *in situ*, soit en la faisant passer d'un récipient dans un autre. La durée de cette opération dépend des régions et de la nature des fèves; pour un cacao forastero, elle est de 6 à 8 jours; pour le criollo, elle est beaucoup plus courte, de 1 à 3 jours.

La fermentation se fait dans la pulpe adhérente aux fèves, sous l'action des microorganismes (levures, bactéries, moisissures) apportées par certaines mouches, telles que *Drosophila melanogaster*.

Les levures se développent les premières et transforment les sucres de la pulpe en alcool; au bout de 24 heures, elles produisent déjà une fermentation active. CIFERRI (14), qui a fait une étude très complète des levures du cacao, a observé en particulier : *Entorulopsis theobromae* (appelé *Saccharomyces theobromae* par

PRAYER en 1901) d'un bout à l'autre de la fermentation, *Endomyces anomalus* et *Saccharomyces apiculatus*, surtout au début, et enfin *Saccharomyces ellipsoideus* et *Schizosaccharomyces bussei*, surtout à la fin. Ces dernières levures subsistent sur le cacao sec du commerce où elles ont été observées par LILIENFELD-TOAL (70).

Les températures optima de ces levures sont assez élevées et varient entre 30° et 40°. La masse s'échauffe assez rapidement et atteint déjà 45° le troisième jour, mais à ce moment commencent à prédominer les bactéries et certaines moisissures qui contribuent également à élever la température.

Parmi les *bactéries*, la plus importante est la bactérie acétique, qui transforme l'alcool produit par les levures en acide acétique. Cette réaction élève la température de la masse jusqu'à 50° et parfois davantage.

ECKMANN (17) a trouvé vingt variétés de bactéries acétiques, parmi lesquelles : *B. xylinum*, *B. xylinoides*, *B. orleanensis*, *B. ascendens*. Onze de ces variétés peuvent pousser en anaérobiose et leurs températures optima sont assez élevées, pouvant aller jusqu'à 49°, d'après ASHBY (4).

Un grand nombre de *moisissures* ont été observées sur le cacao en fermentation; le Professeur L. LUTZ a noté, en particulier, *Sterigmatocystis luteonigra*, *Fusarium theobromae* et *Pseudo-absidia vulgaris* (72). Certaines de ces moisissures subsistent sur le cacao sec, mais ne s'y développent qu'en présence d'une humidité suffisante. Tant qu'elles ne pénètrent pas à l'intérieur de la fève, les moisissures ne nuisent pas à la qualité du produit final.

Sous l'action de la fermentation, les cellules de la pulpe laissent échapper un jus jaunâtre légèrement trouble (ressuage ou *sweatings*), surtout abondant pendant les 48 premières heures. D'abord riche en sucre, ce jus se charge peu à peu d'alcool et d'acide acétique, puis de tanins venant de la fève, et sa couleur brunit par suite de l'oxydation de ces derniers.

L'amande est profondément modifiée, sa chair violette chez le Forastero, blonde chez le Criollo, passe, suivant les cas, au brun rouge ou violacé plus ou moins foncé; la saveur devient moins âcre et il se développe une odeur spéciale. C'est au bout du deuxième ou du

troisième jour, lorsque le pouvoir germinatif est détruit, que se produisent ces transformations.

Après la rupture de l'équilibre vital, les membranes cellulaires, devenues poreuses, permettent aux enzymes de venir au contact des divers constituants de la fève et de produire des hydrolyses ou des oxydations qui disloquent les complexes et mettent en liberté des sucres, des alcaloïdes, des lipides et des tanins plus ou moins oxydés, comme l'ont mis en évidence PERROT et GORIS dans la noix de kola (82).

La destruction du pouvoir germinatif serait due, d'après les expériences de SACK (93), à la température atteinte qui s'élève au bout du troisième jour à 45° environ. L'agent essentiel de cette destruction serait plutôt, d'après HARDY (29), l'activité développée et, d'après BUSSE (12), l'alcool formé. Enfin, KNAPP (38) a montré que les trois facteurs contribuent également à tuer la fève.

Les fèves fermentées, sortant des bacs, sont séchées à l'air libre par étalement au soleil sur des plates-formes de bois ou de ciment, ou dans des séchoirs artificiels, à air chaud. Cette opération, qui doit être attentivement surveillée, est terminée en période de beau temps, au bout de cinq à six jours.

Dans certains pays, le cacao fermenté subit un traitement supplémentaire avant d'être séché: au Cameroun, à Ceylan et à Java, il est d'usage de le laver afin d'ôter les restes de pulpe adhérente. A la Trinité, on lui fait subir au cours du séchage un polissage ou *dancing* qui consiste à fouler aux pieds les graines afin de leur donner un aspect luisant recherché. Au Vénézuëla, on pratique le terrage en versant sur les fèves une terre argileuse rouge délayée dans de l'eau.

L'opération longue et minutieuse de la fermentation présente de nombreux inconvénients, en particulier celui de fournir un produit commercial de qualité très inégale. En effet, la variabilité des microorganismes déposés par les mouches sur la pulpe entraîne une variabilité des transformations chimiques et le produit obtenu n'est jamais identique pour une race de cacao donné ni pour une même plantation, aussi soigneusement qu'aient été menées les opérations.

Dans certains pays, la fermentation n'est d'ailleurs pas pratiquée, en particulier à l'Equateur où le cacao est simplement séché au soleil. Le cacao de l'Equateur est cependant un des plus aromatiques. C'est pourquoi, dès 1913 (77), notre maître le Professeur Em. PERROT proposa-t-il de remplacer cette opération par une stabilisation comportant une stérilisation des fèves à l'autoclave, suivie d'un broyage mécanique sous l'eau. Des essais importants furent faits sur le cacao de la Côte d'Ivoire par le Professeur PERROT, en collaboration avec M. BERVAS, inspecteur d'agriculture dans cette colonie. La technique de l'opération est la suivante (80) :

Dans une sorte de vaste autoclave, « on introduit, étalé sur des claies, le cacao qui vient d'être extrait des cabosses et le dispose sur une épaisseur de deux ou trois graines; les claies sont entassées les unes au-dessus des autres, en les séparant par des espaces vide de 0 m. 07 à 0 m. 08; on ferme alors hermétiquement l'appareil, sauf un robinet d'échappement, et fait arriver un courant de vapeur d'eau produit par une petite machine qui chasse l'air du cylindre ».

« On ferme à son tour l'échappement et on continue à faire affluer la vapeur jusqu'à ce que la température accusée par le thermomètre s'élève à 105°-108°, et laisse ainsi dix minutes. On ouvre le cylindre, retire les claies et projette les graines dans de l'eau où on les brosse pour enlever la pulpe qui a perdu beaucoup de son adhérence. »

Après le séchage, les fèves ainsi traitées ont gardé la belle couleur violette de l'amande fraîche et se conservent parfaitement.

A l'heure actuelle, cette technique n'est pas encore entrée dans la pratique; nous aurons l'occasion ultérieurement de préciser ses avantages.

CHAPITRE III

INFLUENCE DE DIVERS TRAITEMENTS SUR LA CONSTITUTION CHIMIQUE DU CACAO

Nous venons de voir que, dans l'état actuel des choses, le cacao subit dans les pays d'origine, avant d'être expédié dans les pays consommateurs, une fermentation plus ou moins poussée. Il est possible que, dans un avenir plus ou moins rapproché, la stabilisation prenne concurremment à la fermentation une place importante.

Quoi qu'il en soit, telles qu'elles figurent sur le marché, les fèves de cacao sont connues sous le nom de *cacao vert*. Il est indispensable, en effet, de leur faire subir avant l'emploi une torréfaction analogue à celle que l'on pratique pour le café, mais beaucoup moins poussée. Cette torréfaction a pour but, non seulement de séparer le tégument de l'amande, mais encore de favoriser le développement d'un arôme spécial, différent de celui du cacao vert. L'intensité du chauffage et la durée de l'opération peuvent varier grandement d'une sorte à l'autre. Habituellement, les températures sont comprises entre 110° et 140°; la durée de l'opération varie entre vingt minutes et une heure.

Dès que l'opération paraît terminée, les fèves sont rapidement sorties et mises sur des claies.

Les modifications observées en cours de torréfaction sont, d'après LECOQ (50), les suivantes :

1° Amélioration de l'arôme par action de la chaleur sur les huiles essentielles;

2° Transformation du goût par destruction des acides de la fermentation et désintégration des principes tanniques;

3° Modification de la couleur résultant de l'action de la chaleur sur le rouge de cacao;

4° Dessiccation générale, permettant à la coque de se détacher aisément et au cacao de se concasser plus facilement.

On a cru que ces transformations ne pouvaient se produire que dans les fèves préalablement fermentées. A la demande de M. le Professeur Em. PERROT, M. H. MENIER soumit à la torréfaction des fèves stabilisées et obtint un produit possédant non seulement la couleur brune du cacao fermenté torréfié, mais encore son arôme caractéristique. Un excellent chocolat fut ensuite fabriqué au moyen de ce cacao (81).

Il était ainsi démontré que la fermentation n'était pas du tout indispensable. Il est dommage que la plupart des fabricants de chocolat n'aient pas encore compris tous les avantages que présente pour eux la stabilisation du cacao, en particulier celui de recevoir une matière première toujours identique à elle-même, pour une même origine.

Les cacaos torréfiés sont parfois soumis à un nouveau traitement par la chaleur, soit en présence d'alcali, soit plus simplement en présence de vapeur d'eau. L'une et l'autre opération ont pour but de faciliter la suspension ou la solubilisation (?), dans l'eau ou le lait, du cacao ainsi traité et postérieurement pulvérisé.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de rechercher quelles modifications chimiques s'observent, tant au cours de la stabilisation qu'au cours de la fermentation, de la torréfaction et de l'autoclavage, toutes opérations ne faisant pas intervenir de produits chimiques étrangers.

La composition centésimale de l'amande fraîche du cacao, d'après KNAPP, serait la suivante (38) :

Humidité	33.
Beurre	37.
Protéines	6.
Amidon	4.
Sels minéraux	2.2
Cellulose	1.8
Tanin (au minimum)	1.6
Catéchine (au minimum)	0.5
Théobromine	1.2
Caséine	0.3
Indosé (mucilages, pectines, osides, etc.)	12.4

Les transformations chimiques subies au cours de la fermentation et de la torréfaction peuvent être brièvement résumées comme suit :

KNAPP et WADSWORTH (40) observent, au cours de la fermentation, une diminution progressive dans l'amande et une augmentation dans la coque, du taux des bases xanthiques. ADAM (1) note une disparition totale de la catéchine et une destruction partielle des tanins, ces corps se transformant, ainsi que le pigment pourpre, d'après KNAPP (38), en bruns phlobaphéniques insolubles.

LECOQ (45) note, après torréfaction, une augmentation sensible des produits solubles dans l'eau, ainsi que la solubilisation d'une importante proportion des éléments minéraux. La quantité de bases xanthiques reste sensiblement constante, sauf dans le cas d'une torréfaction très poussée où ces bases sont partiellement détruites.

TABLEAU IV

Analyses comparatives de trois échantillons de cacao de la Côte d'Ivoire différemment traités

	Stabilisé	Fermenté	Fermenté et torréfié
Humidité	4,84	6,32	3,66
Soluble	14,60	12,—	12,95
Insoluble	81,52	81,74	83,32
Matières grasses ...	52,91	52,86	52,52
Cendres	3,04	2,80	2,88
Amidon	9,08	8,73	9,93
N total	2,024	1,86	1,89
Matières protéiques.	12,65	11,18	11,43
Théobromine	1,20	0,98	1,04
Caféine	0,38	0,20	0,22

Personnellement, nous avons examiné trois échantillons de cacao de la Côte d'Ivoire, stabilisé, fermenté et torréfié, en suivant les techniques préconisées par LECOQ dans son ouvrage sur le cacao (50).

Les résultats que nous avons obtenus sont groupés dans le tableau IV.

Nous avons trouvé, dans le cacao fermenté, une teneur en bases xanthiques inférieure à celle du cacao stabilisé, ce qui est en accord avec les observations de

KNAPP et de WADSWORTH. Après torréfaction, cette teneur n'a pas sensiblement varié.

De même que LECOQ, nous avons noté une augmentation du soluble après torréfaction.

Le beurre de cacao semble peu touché par les traitements, sauf en ce qui concerne son arôme. Nous laisserons donc de côté l'étude de ses éléments constitutifs qui ont fait l'objet d'un travail très approfondi de SCHUSTER (95).

Les éléments les plus touchés au cours des traitements du cacao sont les osides et les tanoïdes.

Il nous a paru intéressant de reprendre l'étude de ces composés dont la nature n'est pas encore nettement définie, ni surtout celles des complexes dont ils font partie dans la plante fraîche.

Avant d'exposer les résultats de nos recherches, nous ferons une rapide mise au point des travaux consacrés à cette question.

RECHERCHES ANTÉRIEURES

Aussitôt après les travaux de HECKEL qui isola le *rouge de kola*, puis de KNEBEL qui fit de ce corps un glucoside de la caféine et l'appela *kolanine* (82), des auteurs allemands se mirent à rechercher dans le cacao un produit analogue. C'est ainsi que, en 1892, HILGER et LAZARUS (33) retirèrent de la fève de cacao un produit amorphe qu'ils considérèrent comme un glucoside de la théobromine.

Leur méthode d'extraction, très voisine de celle de HECKEL et de KNEBEL, est la suivante : les fèves, préalablement dégraissées à l'éther de pétrole, puis épuisées par l'eau pour enlever la théobromine, la caféine, les sucres, et les sels minéraux, sont traitées à chaud par l'alcool. Après distillation de la solution alcoolique, le résidu est dissous dans de l'eau alcalinisée; on filtre et on précipite, par addition d'acide chlorhydrique dilué, un corps rouge brun qui est ensuite purifié par redissolution et reprecipitation. Ce produit a l'aspect d'une poudre brun rouge, amère, peu soluble dans l'eau. Par

chauffage, il laisse sublimer de la théobromine. Par ébullition avec de l'acide sulfurique à 5 %, ce produit libère un sucre, de la théobromine et un précipité amorphe auquel HILGER et LAZARUS attribuèrent la formule $C_{17}H_{12}(CH_3)_{10}$.

En 1898, SCHWEITZER (96) prépare à nouveau ce produit et a l'idée de l'hydrolyser au moyen d'une poudre fermentaire préparée à partir du cacao.

Il utilise des fèves provenant de cabosses qui lui sont expédiées de Java, conservées dans de l'alcool faible. Il commence par extraire le ferment en traitant les fèves par de l'eau glycinée ou de l'alcool à 20°. Les solutions obtenues sont précipitées par l'alcool absolu et après purification la poudre ainsi obtenue est essayée sur une solution d'amidon qu'elle hydrolyse.

Pour la préparation du glucoside, les résidus provenant de l'extraction du ferment sont d'abord dégraissés à l'éther de pétrole, puis ensuite extraits par l'alcool à 90° à chaud. La solution alcoolique est évaporée et le résidu, traité d'abord par l'eau bouillante, pour enlever les sucres, les sels minéraux, les acides organiques et la théobromine libre, est ensuite dissous dans l'eau alcaline. La solution filtrée est neutralisée par addition d'acide chlorhydrique, ce qui fait apparaître un précipité brun clair floconneux et volumineux. Après plusieurs redissolutions dans l'eau alcaline et reprécipitations par l'acide chlorhydrique, ce produit est rapidement essoré sur une brique poreuse au moyen d'une trompe à vide, puis épuisé par le chloroforme dans un appareil de SOXHLET, de façon à le débarrasser de la théobromine et de la caféine libre qu'il avait pu entraîner, ainsi que des dernières traces de matières grasses.

Une solution de ce composé est mise en contact avec la poudre fermentaire pendant deux à trois heures à 50°. Après filtration, la liqueur est séparée en deux portions. L'une, essayée sur la liqueur de FEHLING, la réduit, et l'autre, évaporée au bain de sable, est extraite par le chloroforme. La solution chloroformique évaporée abandonne des cristaux en aiguilles qui donnent la réaction des bases xanthiques.

Le sucre provenant de l'hydrolyse du glucoside, ainsi que le sucre libre de la fève donnent tous deux l'osazone du glucose.

A ce composé glucosidique, analogue à la *kolanine* de KNEBEL, SCHWEITZER a donné le nom de *cacaonine*.

Pour le dosage des produits de dédoublement, SCHWEITZER procéda à une hydrolyse acide. Une prise d'essai est chauffée pendant six heures avec de l'acide sulfurique à 6 % dans un appareil muni d'un réfrigérant à reflux. Après cette hydrolyse, il reste un résidu insoluble rouge foncé de *rouge de cacao* qui est séparé par filtration. La solution acide est neutralisée par du carbonate de baryum, filtrée, puis évaporée à sec au bain de sable. Le résidu est ensuite épuisé au Soxhlet d'abord par du chloroforme pour enlever les bases xanthiques, ensuite par de l'alcool absolu pour enlever les sucres. Le résidu de l'extrait chloroformique est pesé et le résidu de l'extrait alcoolique, repris par l'eau, est dosé à la liqueur de Fehling.

SCHWEITZER a montré que les proportions de théobromine, de glucose et de rouge de cacao étaient en rapports simples et que, pour une molécule de théobromine et une molécule de rouge de cacao, il y avait six molécules de glucose. Il a même donné une formule développée de la *cacaonine*, et lui a attribué la formule brute : $C_{60}H_{86}O_{15}N_4$.

Reprenant les travaux de SCHWEITZER, SACK (93), en 1912, explique la décomposition du glucoside par une formule ingénieuse dans laquelle il fait intervenir une oxydation :



Enfin, REUTER, en 1913 (88), isole du cacao par l'alcool méthylique : 1° un produit cristallisé qu'il nomme *cacaorine* et qui, par hydrolyse acide, fournit de la théobromine et un corps rouge brunâtre; 2° un produit rouge violacé qu'il nomme *rouge de cacao* et auquel il attribue la formule $C_{40}H_{60}NO_{27}$. L'hydrolyse acide de ce composé libère un peu de sucre réducteur et un corps brunâtre qu'il appelle *brun de cacao* et auquel il donne la formule $C_{76}H_{78}NO_{34}$.

L'existence d'un composé glucosidique de la théobromine a été mise en doute par de nombreux auteurs, en particulier par GORIS et FLUTEAUX (27) qui ont essayé d'appliquer au cacao, mais sans résultat, la méthode qui avait conduit GORIS à isoler de la kola la *kolatine*.

caféine. Ils ont conclu que la substance tannique du cacao est différente de celle des autres plantes à caféine.

En 1909, ULTEE et VAN DORSEN (99) isolent du cacao frais de Java une substance catéchique qu'ils nomment *cacao-ol* et à laquelle ils attribuent la formule brute : $C_{16}H_{16}O_6$. Ces auteurs ont obtenu une combinaison cristallisée de cette substance avec la caféine. Cette combinaison, agitée en solution aqueuse avec du chloroforme, lui cède la caféine.

En 1928, ADAM (1) fait une étude de la séparation et du dosage de la catéchine et du tanin du cacao en utilisant notamment des fèves Accra stabilisées par immersion dans l'eau bouillante. Sa méthode d'extraction est la suivante : les amandes écrasées sont épuisées au SOXHLET, d'abord par l'éther de pétrole pendant deux jours, ensuite par le chloroforme pendant cinq jours, puis par l'éther pendant un temps allant jusqu'à seize jours, pour extraire complètement la catéchine. L'extrait éthéré est repris par l'eau, et la catéchine dosée par la méthode colorimétrique de MITCHEL comparativement avec une solution standard préparée avec un échantillon de catéchine pure du cacao. Le tanin est ensuite extrait par l'eau à une température de 60°, et dosé par précipitation à l'état de tannate de cinchonine. ADAM a trouvé dans le cacao frais 0,80 % de catéchine et jusqu'à 2,37 % de tanin. Dans les fèves bien fermentées, il a constaté une disparition totale de la catéchine et une diminution du tanin, pour lequel il trouve une valeur sensiblement constante de 1,90 %.

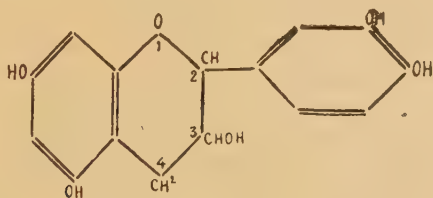
La même année, JENSEN (36), dosant les tanins de la fève torréfiée, trouve des chiffres beaucoup plus élevés que ceux d'ADAM (5,20 à 6,50 %). Il utilise également le procédé à la cinchonine, mais alcalinise légèrement la solution aqueuse extractive et opère à une température un peu plus élevée (95° à 99°).

En 1931, ADAM, HARDY et NIERENSTEIN (2) étudient la constitution de la catéchine du cacao. Ils l'isolent à la fois des cacaos Forastero d'Afrique Occidentale et de la Trinité, et du Criollo de Java, suivant la méthode d'ADAM, par l'éther, et la font cristalliser, après purification par l'acétate de plomb, dans de l'eau légèrement acétique. Ils examinent ensuite un échantillon du *cacao-ol* de ULTEE, le purifient et obtiennent un produit identique à

leur catéchine, qu'ils identifient ensuite par son dérivé penta-acétylé et son point de fusion. Cette catéchine leur paraissant identique à la *l*-acacatéchine (ou *l*-catéchol, d'après la nouvelle nomenclature), ils lui attribuent la formule $C_{15}H_{14}O_6$.

En 1932, FREUDENBERG, COX et BRAUN (23) retirent également une catéchine cristallisée des cacaos frais de la Trinité, de Porto-Rico et de Sumatra, par un procédé un peu différent : les fèves broyées sont traitées directement par l'alcool à 75°. La solution alcoolique est évaporée sous pression réduite et le résidu, dissous dans un peu d'eau chlorhydrique à 5 ou 10 %, est agité avec de l'éther de pétrole, puis avec du chloroforme, et enfin avec de l'éther pendant plusieurs jours. L'extrait étheré, repris par l'eau bouillante, abandonne des cristaux de catéchine. La même catéchine est également obtenue à partir du *cacao-ol* de ULTEE.

FREUDENBERG, COX et BRAUN entrèrent en conflit avec NIERENSTEIN au sujet de la structure de cette catéchine; ils établirent en effet qu'elle est un stéréo-isomère de la catéchine du cachou, la *l*-épicatéchine ou *l*-épicatéchol, répondant cependant à la même formule :



En raison des deux atomes de carbone asymétriques (2 et 3) dans la molécule, il existe six catéchols isomères. D'après FREUDENBERG, catéchol et épi-catéchol auraient la disposition spatiale suivante :



Il est à noter que FREUDENBERG et OEHLER ont isolé en 1930, à partir de la noix de kola, ce même *l*-épicatéchol, ainsi que du *d*-catéchol (25).

D'autre part, en 1927, HEIDUSCHKA et BIENERT (31) avaient repris l'étude des pigments du cacao et retiré des fèves Ariba 1,80 à 2 % d'un *rouge de cacao* amorphe qu'ils considérèrent comme un dérivé flavonique.

L'extraction est faite sur des fèves broyées et préalablement dégraissées au SOXHLET par de l'éther de pétrole. La matière dégraissée est traitée par l'alcool à 90° à froid et la solution alcoolique, distillée dans le vide dans un courant de CO₂, abandonne un résidu qui est repris par l'eau et précipité par l'acétate neutre de plomb. Le précipité plombique lavé est repris par l'alcool à 90° et décomposé par SO₂. La solution alcoolique, concentrée dans le vide, est ensuite additionnée d'acide chlorhydrique, qui précipite peu à peu le *rouge de cacao*. Le précipité filtré est desséché dans le vide. Il reste encore dans la solution-mère une partie du *rouge de cacao* qui peut être encore précipitée, mais à un degré de pureté inférieur à celui du premier produit obtenu.

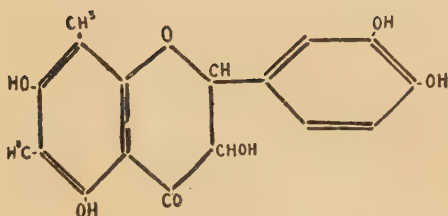
Ce *rouge de cacao* se présente sous l'aspect d'une poudre rouge violacée qui donne en solution hydroalcoolique une coloration rouge vif avec les acides et une coloration verte qui devient rapidement brune avec les bases.

Hydrolysé par l'acide sulfurique dilué à l'autoclave à 130°-140°, ce produit ne libère pas de sucres réducteurs ni de produits de transformation d'un sucre (furfurol).

Très altérable, le *rouge de cacao* se transforme à chaud, sous l'action des acides dilués, en produit brun.

La fusion alcaline du rouge de cacao fournit de l'acide acétique, de l'acide protocatéchique et un dérivé phloroglucique en même temps qu'une forte quantité de produits bruns très voisins des phlobaphènes taniques.

Se basant, d'une part, sur les produits fournis par la fusion alcaline, et d'autre part sur les résultats de la méthylation, de l'acétylation et de la benzylation, HEIDUSCHKA et BIENERT firent du *rouge de cacao* un 3', 4', 3, 5, 7, penta-oxy-6, 8, diméthyl, 2, 3, dihydroflavonol, de formule globale (C₁₇H₁₆O₇) et de formule développée :



Enfin, en 1934, KNAPP et WADSWORTH (40), recherchant la présence d'un composé tannique de la théobromine, dosent celle-ci avant et après hydrolyse, mais n'aboutissent à aucun résultat. Ils constatent cependant qu'il est impossible d'extraire totalement la théobromine de l'amande fraîche au moyen de solvants organiques sans la présence d'eau, et supposent que la théobromine entre dans une combinaison très instable.

De cet exposé, il résulte qu'il a été isolé de la fève de cacao un catéchol cristallisé qui, d'après FREUNDENBERG, serait le *l*-épicatechol, et qui semble être combiné à la caféine dans la fève fraîche. En outre, sous le nom de rouge de cacao, il a été isolé des produits amorphes de nature assez différente :

1° Le *rouge de cacao* ou *cacaonine* de HILGER, LAZARUS et SCHWEITZER est une poudre brune, amorphe, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, analogue à la kolanine de KNEBEL, et dont la nature glucosidique est douteuse. C'est probablement un mélange de phlobaphènes, produits de condensation et d'oxydation des tannoïdes de la fève fraîche. Il est possible que ce produit contienne en combinaison des bases xanthiques, mais il se peut également que ces bases soient simplement adsorbées fortement par les phlobaphènes.

La *cacaorine* de REUTTER semble être de la théobromine, accompagnée de phlobaphènes.

2° Les *rouges de cacao* de REUTTER et de HEIDUSCHKA et BIENERT sont des poudres violacées, amorphes, beaucoup plus voisines des produits de la fève fraîche que le rouge de cacao de SCHWEITZER. Ces produits, très altérables, se transforment facilement en bruns phlobaphéniques.

KNAPP propose de désigner le composé coloré existant dans la fève fraîche sous le nom de « *pourpre de cacao* », qui correspond mieux à sa couleur, et de réserver le nom de « *rouge de cacao* » ou de « *brun de cacao* » aux produits d'oxydation de la fève fermentée.

Nous avons adopté ces désignations qui ont l'avantage de réserver le nom de rouge de cacao au produit analogue au *rouge de kola*.

De toute façon, le terme général de « *tanoïde* », défini par les Professeurs Em. PERROT et A. GORIS (83) s'applique à ces produits, mais on ne peut encore préciser si ce sont des tanosides ou des tanides.

RECHERCHES PERSONNELLES

Nous venons de voir que, jusqu'ici, aucun glucoside cristallisé, n'a été isolé de la fève de cacao. Il se pourrait que le glucose, trouvé par certains auteurs après hydrolyse d'un produit amorphe, provienne d'un peu de saccharose fortement retenu par les phlobaphènes malgré les purifications.

La présence de cet oside a, en effet, été signalée, dès 1895, par RIDENOUR (90) dans des cacaos commerciaux, à des taux variant entre 0,28 et 2,72 %, et, depuis, par WEEWERS (101) dans un cacao frais, à raison de 2,5 % et par HARRISSON et JENMANN (19) dans un cacao séché à raison de 1,37 % (30). Cependant la plupart des auteurs n'en ont pas trouvé, en particulier KNAPP et CHURCHMANN dans leurs récentes analyses de cacaos séchés et fermentés (38).

La question des osides du cacao méritait donc d'être reprise, aussi le premier but de notre étude a-t-il été d'appliquer au cacao une méthode systématique de recherche des osides, la méthode de BOURQUELOT.

Application de la méthode biochimique à la recherche des osides du cacao

Nous avons utilisé des fèves de cacao stabilisées en Côte d'Ivoire suivant le procédé indiqué par notre maî-

tre le Professeur Em. PERROT: passage de 10 min. dans la vapeur d'eau sous pression à 105°, suivi d'un broissage mécanique sous l'eau pour débarrasser les fèves de la pulpe adhérente, puis séchage (77).

Les amandes, d'un beau violet pourpre, furent débarrassées à la main de la coque et du germe, et broyées aussi finement que possible.

250 gr. de la pâte ainsi obtenue furent épuisés par 2.500 cm³ d'alcool à 70° bouillant, pendant 30 minutes. Nous avons constaté, au cours d'essais préliminaires, que c'est dans l'alcool à 70° que l'extraction des osides du cacao est la plus complète.

La liqueur rapidement décantée, est filtrée chaude, puis le résidu, additionné de sable est rebroyé au mortier, et extrait une seconde fois par 2.500 cm³ d'alcool à 70°. Nous nous sommes assuré que ces deux épuisements étaient suffisants.

Les solutions alcooliques filtrées et réunies, sont distillées au bain marie sous pression réduite à une température inférieure à 70°.

L'extrait, repris par l'eau, est étendu à 500 cm³ et additionné de quelques cm³ de toluène, afin d'éviter le développement de microorganismes. 25 cm³ de cette liqueur sont déféqués par addition de 5 cm³ de sous-acétate de plomb et complétés à 50 cm³ au moyen d'une solution de sulfate de soude à 10 % (76). Après filtration le pouvoir rotatoire est déterminé au tube de 2 dm. Le dosage des matières réductrices est effectué sur 20 cm³ de la liqueur déféquée, selon la méthode précise de G. BERTRAND et exprimé en mgr. de glucose pour 100 cc. Les résultats sont ramenés à 100 gr. de plante fraîche.

La liqueur extractive est ensuite additionnée de 1 gr. % d'invertine, préparée selon la méthode de BOURQUELOT (10). Il est en effet nécessaire de faire agir l'invertine avant l'émulsine car ce dernier ferment contient toujours un peu de sucrase qui pourrait fausser les résultats.

Le flacon renfermant la solution fermentaire sous toluène est placé à l'étuve à 35° pendant quelques jours. Il est agité deux ou trois fois par jour. L'essai est terminé lorsque les dosages polarimétriques et chimiques sont identiques à deux ou trois jours d'intervalle, c'est-à-dire au bout de six à huit jours. Le flacon bien clos

est alors placé au bain-marie bouillant pour détruire l'activité fermentaire. Le liquide refroidi est additionné de 0,50 gr. % d'émulsine d'amandes douces, préparée selon la méthode de HERISSEY (32). On remet à l'étuve jusqu'à ce que les résultats polarimétriques et chimiques soient constants. L'action de l'émulsine est plus lente que celle de l'invertine, et nous avons prolongé le contact pendant deux à trois semaines. Le ferment est ensuite détruit comme précédemment, et l'on fait agir enfin sur la solution la rhamnodiastase, à la dose de 1,10 gr. %.

Au cours des premiers essais, seule, l'action de l'invertine provoqua une augmentation des produits réducteurs, accompagnée d'un retour polarimétrique vers la gauche. L'émulsine et la rhamnodiastase se montrèrent complètement inactives.

Des essais nouveaux furent entrepris, d'abord en renouvelant fréquemment le ferment, puis en défécant les solutions avant l'addition du ferment afin d'éliminer les tanins qui peuvent retarder ou annihiler l'action fermentaire, comme l'a montré pour l'émulsine M^{me} FICHTENHOLZ (20) et pour la rhamnodiastase M^{me} S. RABATÉ (85). Deux essais de défécation furent tentés, dans l'un, l'excès de plomb fut éliminé au moyen d'une solution de phosphate de soude à 10 % et, dans l'autre, par une solution de sulfate de soude à 10 %, dans les proportions suivantes :

Liqueur extractive	100 cm ³
Solution de sous-acétate de plomb	20 —
Sulfate ou phosphate de soude à 10 % q. s. p.	200 —

Dans le premier cas (phosphate), l'excès de plomb est complètement éliminé, mais la solution est légèrement acidifiée (pH 5,2), ce qui peut nuire à l'action fermentaire. Dans le deuxième cas (sulfate), il reste quelques traces de plomb, mais la solution est très voisine de la neutralité (pH 6,6).

Dans les deux cas, aucune augmentation du pouvoir réducteur ni aucune variation du pouvoir rotatoire ne furent notées après trois semaines de contact fermentaire avec l'émulsine, puis avec la rhamnodiastase.

Nous avons terminé les opérations en procédant à une hydrolyse acide. La liqueur extractive fut addition-

née de 5 % d'acide sulfurique pur et placée au bain marie, d'abord pendant une heure, puis ensuite pendant dix heures. Dans les deux cas, les déterminations du pouvoir rotatoire et du pouvoir réducteur ne donnèrent aucun résultat.

TABLEAU V

Résultats de l'application de la méthode biochimique à des fèves de cacao, stabilisées, fermentées et torréfiées

		COTE D'IVOIRE						GUAYAQUIL	
		I Stabilisé			II Ferm.	III Ferm.	IV Torr.	I Ferm.	II Ferm.
Avant {	Déviati...	+ 3°52'	+ 3°52'	+ 3°48'	0	— 1°20'	— 1°16'	+ 3°	+ 2°50'
inversion {	Sucre réduct.	558	558	556	688	680	200	233	231
Après {	Déviati...	+ 16'	+ 12'	+ 12'	— 56'	— 1°36'	— 1°16'	0	0
inversion {	Sucre réduct.	2696	2746	2706	1274	871	280	2167	2019
Recul de la déviation...		3°36'	3°40'	3°44'	56'	16'	0'	5°	2°50'
Sucre interverti		2138	2188	2148	586	191	80	1934	1788
Indice		593	596	576	630	703	»	644	630

Les résultats obtenus après action de l'invertine sont résumés dans le tableau V. La méthode biochimique fut appliquée à différentes sortes de cacaos commerciaux.

Dans chaque cas, après avoir déterminé les variations du pouvoir réducteur et du pouvoir rotatoire, nous avons calculé *l'indice de réduction enzymolytique* de BOURQUELOT: « *C'est le nombre de milligrammes de sucre réducteur, exprimé en glucose, formé dans 100 cm³ de solution, sous l'influence du ferment employé, pour un changement de 1°, observé au tube de 2 dm.* (74). Cet indice est une constante qui permet de caractériser un oside. L'indice de réduction enzymolytique du saccharose est 603.

Les chiffres trouvés sont suffisamment voisins de ce chiffre théorique pour que l'on puisse conclure avec certitude à la présence de saccharose dans l'amande de cacao. Seul l'indice trouvé dans le cas de l'échantillon III s'en éloigne, mais cet écart s'explique par la proportion de saccharose, trop faible pour permettre un calcul précis.

Les pourcentages en sucres réducteurs et en saccharose des différents cacaos groupés dans le tableau V sont les suivants :

		S. R.	Sacch.
Guayaquil	I — Stabilisé	0,558	2,078
	II — Fermenté	0,688	0,556
	III — Fermenté	0,680	0,181
	IV — Ferm. et torréfié	0,200	0,076
Côte d'Ivoire	V — Fermenté	0,233	1,828
	VI — Fermenté	0,231	1,700

On note une disparition plus ou moins complète du saccharose dans les cacaos fermentés II et III. La faible augmentation correspondante des sucres réducteurs montre que, comme on pouvait s'y attendre, le glucose et le lévulose libérés ont été, en grande partie, détruits au cours des actions fermentaires.

Les échantillons V et VI de cacaos Guayaquil, faiblement fermentés, ont encore une teneur assez élevée en saccharose.

On constate ainsi que le dosage du saccharose dans l'amande renseigne avec précision sur le degré de fermentation d'un cacao.

Enfin dans l'échantillon IV torréfié, la destruction du saccharose est à peu près totalement achevée.

En résumé, la méthode biochimique a mis en évidence la présence de saccharose, mais n'a pas permis de déceler des proportions appréciables de glucosides dédoublables par l'émulsine ou la rhamnodiastase.

Pour être affirmatif d'ailleurs, il aurait été indispensable de faire agir sur la liqueur une poudre fermentaire de cacao. On sait, en effet, que les plantes renferment le plus souvent les enzymes susceptibles d'hydrolyser les glucides qui leur sont propres. Nous n'avons malheureusement pas eu la possibilité de faire cette expérience.

Il semblait intéressant de voir quelle était l'action de l'autoclavage sur les osides de l'amande de cacao.

A cet effet, nous avons fait subir aux échantillons I, III et IV de la Côte d'Ivoire, précédemment étudiés, un traitement par la vapeur d'eau à l'autoclave pendant une demi-heure à 130°. Le cacao fut ensuite séché à l'étuve à 60°.

Le dosage de l'humidité fut effectué, ainsi que le dosage des sucres réducteurs avant et après action de l'invertine, en suivant la technique précédemment exposée. Le dosage de l'amidon fut également effectué par la méthode habituelle (50).

Les résultats en matières sèches % sont exprimés dans le tableau VI.

TABLEAU VI

Action de l'autoclavage sur les sucres et sur l'amidon des cacaos stabilisé, fermenté, torréfié de la Côte d'Ivoire

Autoclavage	Cacao stabilisé		Cacao fermenté		Cacao torréfié	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Sucre réducteur avant inversion.....	0,58	0,48	0,72	0,23	0,22	0,07
Sucre réducteur après inversion.....	2,89	2,46	0,93	0,29	0,29	0,09
Amidon.....	9,08	8,90	8,88	8,41	9,27	9,09

Dans tous les cas, on note une destruction partielle des sucres réducteurs et du saccharose se superposant à l'action de la fermentation et de la torréfaction. L'amidon est très légèrement hydrolysé, mais il est surtout gélifié, ce qui permet, dans le cas du cacao autoclavé, une meilleure suspension des éléments insolubles.

Etude du Tanin

La présence de substances tanniques dans la fève de cacao est facile à mettre en évidence, mais on sait relativement peu de choses sur ces corps.

Dans leurs dosages, au moyen de techniques assez semblables, ADAM (1) et JENSEN (36) qui opèrent, l'un sur des cacaos frais et fermentés, l'autre sur des cacaos torréfiés, obtiennent des chiffres très différents.

Nous avons donc jugé utile de reprendre le dosage du tanin sur des cacaos différemment traités, stabilisé, fermenté, torréfié et autoclavé.

La technique utilisée est celle de JENSEN avec quelques modifications.

5 gr. de cacao sont d'abord dégraissés par centrifugation avec 30 cm³ d'éther de pétrole, à deux reprises. Le résidu est introduit dans une fiole conique avec 95 cm³ d'eau mesurés exactement et 5 cm³ de solution N/10 de soude.

JENSEN a en effet constaté que des rendements meilleurs sont obtenus après neutralisation par la soude de l'acidité naturelle du cacao. La valeur du pH de la solution extractive reste, dans tous les cas, légèrement inférieure à 7.

La fiole surmontée d'un long tube de verre formant réfrigérant à reflux est placée dans un bain marie à 95°-99° pendant une demi-heure. Après refroidissement le mélange est centrifugé 10 minutes et la liqueur surnageante séparée. 50 cm³ sont additionnés de 150 cm³ de solution saturée de sulfate de cinchonine et le mélange est laissé en contact 4 heures.

Le précipité de tannate de cinchonine est filtré sur filtres équilibrés, puis desséché, d'abord dans un exsiccateur à vide, puis à l'étuve à 90° jusqu'à poids constant, et pesé.

Le dosage de l'azote dans ce précipité, effectué suivant la méthode de KJELDAHL, modifié par RONCHÈSE (69), renseigne sur les proportions de cinchonine. On en déduit la teneur en tanin.

Les résultats, groupés dans le tableau VII, montrent que les actions des différents traitements: fermentation, torréfaction, autoclavage, se superposent, entraînant une diminution progressive des tanins solubles.

TABLEAU VII
*Dosage des tanins
dans quelques cacaos de la Côte d'Ivoire
différemment traités:*

Traitement subi	Tannate de cinchonine %	Tanin %
Cacao stabilisé	16,00	8,48
» fermenté	14,68	7,78
» fermenté torréfié	13,28	7,04
» autoclavé stabilisé	12,96	6,86
» » fermenté	10,68	5,66
» » torréfié fermenté	9,44	5,00

L'extraction et surtout la purification de ce tanin sont apparues délicates, car il est très difficile de le séparer du pigment pourpre, ces deux corps très altérables l'un et l'autre, présentent, en outre, les mêmes caractères de solubilité.

Nous avons utilisé la technique suivante dans laquelle ces corps sont séparés par précipitations fractionnées.

500 gr. de fèves stabilisées broyées, sont épuisées par l'éther de pétrole, d'abord dans un percolateur, puis dans un appareil de SOXHLET, afin de les dégraisser totalement. La poudre est séchée, puis épuisée de nouveau dans l'appareil de SOXHLET, d'abord par le chloroforme pour enlever les bases xanthiques, puis par l'éther anhydre pour enlever la catéchine, et enfin par l'acétone ou l'acétate d'éthyle déshydratés, pendant 50 heures au moins.

La solution finale est ensuite distillée sous pression réduite et le résidu repris par un peu d'acide acétique. Après filtration, la liqueur est additionnée de trois volumes d'éther anhydre, ce qui précipite le pigment et les impuretés. La solution surnageante, décantée, est additionnée lentement et en agitant de 10 volumes au moins d'éther anhydre.

La précipitation du tanin est délicate à obtenir; elle est influencée par la température de l'expérience, lorsque celle-ci est trop élevée, le tanin prend la forme d'une suspension colloïdale qu'il est impossible de détruire.

Le précipité blanchâtre obtenu, est recueilli sur un filtre de BÜCHNER, lavé à l'éther et rapidement placé dans un exsiccateur à vide, car il est excessivement hygroscopique et brunit spontanément au contact de l'air.

Desséché, c'est un produit brun rosé, très astringent.

Il est très soluble dans l'eau, soluble dans l'acide acétique, l'acétate d'éthyle, l'acétone, l'alcool méthylique, l'alcool éthylique, la pyridine, insoluble dans l'éther, le chloroforme, le benzène.

La solution aqueuse donne les réactions suivantes avec :

Perchlorure de fer à 2 %	col. vert foncé
Alun de fer à 5 %	col. vert foncé
Perchlorure de fer + acétate de soude	col. noire
Eau de brome saturée	ppté brun
Nitrate d'argent à 5 %	réduction forte
Sous-acétate de plomb (extr. de Saturne)	ppté brunâtre
Acétate de plomb à 5 %	ppté brunâtre
Acétate de cuivre à 10 %	ppté brun
Acétate mercurique à 20 %	ppté brunâtre
Solution de gélatine à 1/200	ppté blanchâtre
Solution sat. de sulfate de cinchonine	ppté blanchâtre
Liqueur de FEHLING	réduction

Une solution de 0 gr. 20 dans 50 cm³ d'eau est chauffée 30 minutes avec un mélange de 10 cm³ de formol à 40 % et 5 cm³ d'acide chlorhydrique pur (méthode de STIASNY). Le précipité est filtré et la solution, neutralisée par l'acétate de soude à saturation, est additionnée d'alun de fer. On note seulement une légère coloration verdâtre. Il s'agit donc uniquement d'un tanin *catéchique*.

Nous n'avons malheureusement pu le purifier davantage à cause de son altérabilité, ni pousser plus loin son étude.

Etude du « pourpre de Cacao »

Un dernier élément qui rentre dans le cadre de notre étude, quoique ce ne soit pas à proprement parler un tanoïde, est le pigment ou *Pourpre de cacao*.

D'une part, ce corps apparaît profondément transformé au cours de la fermentation et de la torréfaction.

D'autre part, par sa constitution, ce corps semble se rapprocher des tanins et des anthocyanols qui peuvent exister, comme c'est le cas pour les anthocyanosides, matières colorantes des fleurs, sous forme d'hétérosides. En effet, HEIDUSCHKA et BIENERT font de ce corps un oxyhydro-flavonol et ont montré qu'il donnait, par fusion alcaline, un dérivé phloroglucique, et un acide phénol, ce qui est un caractère commun aux anthocyanols, aux catéchols et aux tanins catéchiques. Tous ces corps sont proches parents (le passage des anthocyanols aux catéchols a été réalisé par FREUDENBERG (21) et celui des catéchols aux tanins cathéchiques par RUSSELL (92), et leur

coexistence a été signalée dans beaucoup de végétaux, en particulier par MASCRÉ (73) dans l'*Anagallis*, il n'est donc pas étonnant qu'ils coexistent également dans le cacao.

Pour la préparation du pourpre de cacao, HEIDUSCHKA et BIENERT (31) sont passés par l'intermédiaire de combinaisons qui risquent de cliver les complexes existant dans la plante. Nous avons cherché à extraire ce corps uniquement à l'aide de solvants.

On peut en obtenir de faibles quantités au cours de la préparation du tanin précédemment exposée, mais il semble légèrement altéré, et nous avons essayé de l'extraire par épuisement à froid du cacao par l'acide acétique.

Des fèves stabilisées sont broyées aussi finement que possible et épuisées par l'éther de pétrole, dans un percolateur, jusqu'à ce que le solvant n'enlève plus de matières grasses. La masse est alors desséchée, puis introduite à nouveau dans le percolateur et épuisée par l'acide acétique à froid. La solution rouge vif est filtrée, puis additionnée de un volume et demi d'éther, ce qui précipite des flocons rouge violacé. Le saccharose et la théobromine, passés dans l'acide acétique, ne précipitent pas dans ces conditions de dilution.

Le précipité est filtré sur un filtre de BUCHNER et lavé à l'éther. Après essorage, il est rapidement introduit dans un exsiccateur à vide.

Le produit desséché, une fois pulvérisé, est une poudre d'un beau violet pourpre, de saveur non astringente, mais un peu amère.

Le rendement est d'environ 5 à 6 % de la matière sèche dégraissée.

Ce produit brut contient encore de la théobromine, du saccharose et des sels minéraux. Divers essais de purification ont été tentés, par séparation du pigment au moyen de solvants déshydratés variés: alcools méthylique, éthylique, amylique, pyridine; puis, après filtration de la solution, reprecipitation par le chloroforme, l'éther ou l'oxyde de propyle.

Dans tous les cas, le pigment s'est montré excessivement altérable et labile, s'insolubilisant et se décolorant très facilement (ce qui est vraisemblablement dû à une transformation en un isomère incolore).

Le produit brut se redissout incomplètement dans l'acide acétique et, l'addition d'éther à la solution acétique filtrée, fait apparaître un précipité d'une teinte beaucoup moins vive que lors de la première précipitation.

Les caractères de solubilité du pourpre de cacao sont les suivants :

Eau	assez soluble
Acide acétique	soluble
Alcool méthylique	légèrement soluble
Alcool éthylique	soluble
Alcool amylique	soluble à l'ébullition
Acétone	faiblement soluble
Acétate d'éthyle	faiblement soluble
Chloroforme	insoluble
Benzène	insoluble
Ether	insoluble
Ether de pétrole	insoluble
Essence D (60°-80°)	insoluble
Pyridine	un peu soluble, brunit rapidement

La méthode biochimique a été appliquée à deux échantillons de 2 gr. de produit brut mêlés à 200 cm³ d'eau. L'action de l'invertine a mis en évidence la présence de 12 à 16 % de saccharose. L'émulsine s'est montrée à peu près sans action.

L'hydrolyse acide de la solution pratiquée après la méthode biochimique au moyen de 10 % d'acide chlorhydrique, pendant dix minutes au bain-marie bouillant, a produit une augmentation assez sensible du taux des sucres réducteurs; mais la déviation polarimétrique n'ayant pas varié, il n'est pas possible de conclure, et l'expérience serait à reprendre avec un produit plus pur et en faisant varier la durée de contact et la concentration de l'acide.

La méthode d'extraction du pigment a été appliquée ensuite à un cacao fermenté et à un cacao torréfié. La couleur des produits obtenus est différente:

- Violet pourpre avec le cacao stabilisé;
- Rose pâle avec le cacao fermenté;
- Crème avec le cacao torréfié.

Ces produits ont, en outre, présenté les réactions indiquées dans le tableau VIII.

TABLEAU VIII

Réactions présentées par les trois produits colorés obtenus respectivement à partir d'un cacao stabilisé, d'un cacao fermenté et d'un cacao fermenté-torréfié de même origine.

Réactifs	Cacao stab.	Cacao ferm.	Cacao torr.
Cl_3Fe	Col. vert foncé	Col. vert sale	Col. vert sale
Cl_3Fe + acétate de soude	Col. bleu noir	Col. brun foncé	Col. brun foncé
Alun de fer	Col. vert foncé	Col. vert sale	Col. vert sale
Eau de brome saturée	Néant	Néant	Néant
Acétate de cuivre	Ppté vert	Ppté gris	Ppté gris
Hypochlorite de soude	Décoloration	Décoloration	Décoloration
Acétate mercurique.	Ppté bleu vert	Ppté jaunâtre	Ppté jaunâtre
Sous acétate de plomb		Ppté gris vert	Ppté jaunâtre
Acétate neutre de plomb	Ppté bleu	Ppté gris vert	Ppté jaunâtre
Acide acétique + acétate Pb	Col. rose vif	Col. rose pâle	Col. jaunâtre
Nitrate d'argent	Réduction	Réduct. faible	Réduct. faible
Liq. de FEHLING	Réduction	Réduction	Légère réduct.
Acide picrique	Ppté jaune br.	Néant	Néant
Sulfate de cinchonine	Lég. ppté rose	Néant	Néant
Acides	Col. rouge vif	Col. rose	Col. brun rosé
Bases	Col. verte	Col. brun jaun.	Col. jaunâtre

Certaines de ces réactions peuvent être dues à la présence de traces de tanins.

En résumé, le produit isolé est un mélange contenant une notable proportion de saccharose, des traces de tanin et dont la purification apparaît difficile, à cause de l'altérabilité et de la labilité du pigment.

Au cours de la fermentation et de la torréfaction, le pigment est altéré et semble se transformer en produits de moins en moins colorés et non pas en bruns phlobaphéniques comme le suppose KNAPP (38).

CHAPITRE IV

FABRICATION ET COMPOSITION CHIMIQUE DES DIVERS CHOCOLATS

La stabilisation n'est pas encore entrée dans la pratique chocolatière, le cacao utilisé est donc uniquement du cacao fermenté et, suivant les qualités mises en œuvre, la torréfaction est plus ou moins poussée.

Débarrassé de sa coque et de son germe, le cacao sera ultérieurement transformé, soit en poudre de cacao partiellement dégraissée et solubilisée, soit sous forme de chocolat, pâte de cacao additionnée de sucre.

La solubilisation du cacao peut se faire de diverses manières, soit par traitement à l'aide d'un alcali volatil (méthode allemande) ou fixe (méthode hollandaise), soit encore par autoclavage (ancienne méthode française).

Nous ne nous attarderons pas sur ces diverses sortes de poudres de cacao, ce qui sortirait du cadre de notre travail, pour ne retenir que les différentes sortes de chocolats.

En conformité avec le décret du 19 décembre 1910, la dénomination de *pâte de cacao* est réservée « à la pâte obtenue par écrasement des amandes de cacao, torréfiées, décortiquées et dégermées, de façon à ne pas contenir plus de 2 % de débris de coques et de germes, privée ou non de sa matière grasse par expression à chaud, additionnée ou non de beurre de cacao ».

Les dénominations *chocolats* et *cacaos sucrés* sont réservées aux produits obtenus par « le mélange de sucre et de pâte de cacao, ou de poudre de cacao, en proportion telle que 100 grammes du produit contiennent au moins 32 grammes de pâte ou de poudre de cacao ».

Le cacao sucré préparé, mélange de pâte de cacao préalablement débeurré et de sucre, ne rentre pas dans le cadre de notre travail.

On désigne uniquement, en effet, sous le nom de

chocolat, des mélanges de pâte de cacao pur ou surbeurré, de sucre et d'une proportion infime d'aromates (vanille ou cannelle). Depuis peu on a préconisé l'addition d'une faible proportion de lécithine de soja, en vue de diminuer la proportion de beurre à ajouter à la pâte et de donner à celle-ci plus de fondant.

Fabrication du chocolat

La méthode de fabrication du chocolat resta jusqu'à la fin du XVIII^e siècle celle des anciens Mexicains: les fèves étaient grillées dans une grande poêle en fer, les coques ôtées à la main et les amandes pilées au mortier puis broyées sur une pierre de granit chauffée (le *métate* des Mexicains) au moyen d'un rouleau de pierre ou de fer poli. En 1778, DORET présenta à la Faculté de Médecine de Paris la première machine hydraulique pour broyer la pâte. Puis, BOZELLI, à Gênes, inventa une machine à 4 cylindres broyeurs qui écrasaient la pâte sur 4 pierres et qui était mise en mouvement par l'eau ou la vapeur. Enfin les frères PELLETIER érigèrent à Paris, en 1819, la première usine à vapeur, au coin de la rue de Richelieu et de la rue Neuve des Petits-Champs, et peu après A. B. MÉNIER fondait une usine à Noisiel.

Dans la préparation actuelle, les fèves une fois torréfiées et refroidies sont concassées et débarrassées des coques et germes dans des tarares concasseurs-trieurs et des dégermeuses. Puis les amandes concassées sont broyées dans des moulins triples ou quadruples qui les réduisent en une pâte fluide.

Le mélange intime de la pâte avec le sucre se fait ensuite dans des mélangeurs constitués par une cuvette de granit dans laquelle se meuvent des galets également en granit. Pour les chocolats pauvres en beurre, on ajoute une petite quantité d'eau ou de lécithine de soja qui donne à la pâte la viscosité nécessaire. Lorsque le mélange est suffisamment homogène, on le fait passer, pour donner à la pâte une finesse suffisante, sur des broyeuses à rouleaux en acier très rapprochés. Le broyage est plus ou moins poussé suivant le degré de finesse à atteindre.

On obtient ainsi un produit pulvérulent qui, par un

travail ultérieur, devra se transformer en pâte plus ou moins fluide selon la qualité du chocolat.

Le produit du broyage sera préalablement étuvé pour le cas des chocolats à pâte dure, et au besoin additionné, pour le faire revenir plus rapidement, soit d'une petite quantité d'eau, soit d'une petite quantité de beurre, pour les chocolats fins.

La pâte est aussitôt boudinée, c'est-à-dire transformée en pâton homogène, qui est découpé en masses d'un poids déterminé, lesquelles sont ensuite moulées et tapotées pour chasser les bulles d'air qui auraient pu être emprisonnées.

Les chocolats fins ou fondants sont, après cette opération, refluidifiés. Ils peuvent, en outre, être travaillés avec des machines spéciales, « conches », à une température variant entre 50° à 80°, pendant 40 à 60 heures et parfois davantage. Cette pâte liquide est versée dans des moules au moyen d'appareils spéciaux mesurant un volume déterminé, puis tapotée comme à l'ordinaire.

Le refroidissement est obtenu dans tous les cas par passage à la glacière. Le chocolat est aussitôt démoulé et abandonné dans des paniers où il reprend la température de l'air atmosphérique avant d'être enveloppé dans du papier d'étain ou d'aluminium et conditionné d'une façon définitive.

Ces diverses opérations peuvent d'ailleurs se faire au moyen de machines appropriées.

Différentes sortes de chocolats

On peut diviser très simplement les chocolats en chocolats purs et en chocolats additionnés, selon qu'ils sont composés de pâte de cacao et de saccharose, ou qu'ils renferment en outre des additions diverses de lait d'amande, de sucres spéciaux, etc... Dans tous les cas, de petites proportions d'aromates : vanille, cannelle, etc. peuvent figurer, ainsi que des doses de lécithine de soja inférieures à 0,3 %.

Parmi les chocolats purs, les *chocolats à cuire* sont le plus souvent constitués de cacao de qualité inférieure, grossièrement broyé et additionné d'une proportion

élevée de sucre. La proportion de beurre qu'ils renferment varie habituellement entre 17 et 20 %.

Les *chocolats de consommation* diffèrent des précédents par un broyage plus fin de la pâte et l'emploi d'une plus forte proportion de pâte de cacao, additionnée parfois d'une petite quantité de beurre. Dans ces conditions, la proportion de beurre totale est ordinairement comprise entre 20 et 25 %.

Ils constituent incontestablement des chocolats à cuire fins. Destinés à cet emploi, ils peuvent revêtir la forme *granulée* et leur suspension dans un liquide est favorisée par traitement approprié, autoclavage par exemple.

Les *chocolats fondants* sont obtenus par le mélange de pâte surbeurrée avec 40 à 60 % de sucre. La proportion de beurre est généralement comprise dans ce cas entre 28 et 32 %. Cette pâte très fine est d'ordinaire longtemps travaillée et presque toujours « conchée ». Les *chocolats de couverture*, utilisés en confiserie pour l'enrobage des bonbons, doivent être surbeurrés pour faciliter leur manipulation; aussi la proportion de beurre atteint-elle dans ce cas 34 à 40 %.

Ces diverses proportions de beurre sont celles qui ont été définies par LECOQ dans un travail datant déjà de quelques années (53), et les diverses analyses que nous avons pu faire l'ont entièrement confirmé.

Parmi les chocolats additionnés figurent, en première ligne, les *chocolats au lait*, qui, aux termes du décret du 19 décembre 1910, désignent des produits contenant au moins 15 % de matière solide obtenue par l'évaporation du lait pur, écrémé ou non. En règle générale, ces chocolats au lait renferment seulement une petite quantité de cacao, choisi parmi les sortes les plus douces, et sont, en outre, additionnés de beurre de cacao. Les sortes les plus communes sont préparées avec des laits écrémés et de la pâte de cacao sans addition de beurre.

Les chocolats additionnés peuvent également être obtenus par adjonction de pâte d'amande, de noisettes, de pistaches concassées ou broyées, de miel, de liqueur, de fruits confits et de produits divers, tels le lévulose, la sorbite et le gluten, dans le cas des chocolats pour diabétiques.

Etude analytique des chocolats

L'analyse des chocolats peut être aisément effectuée par application des méthodes officielles de BORDAS et TOUPLAIN (8). Certaines d'entre elles ont été ultérieurement modifiées par LECOQ (50) pour augmenter la rapidité des déterminations. Elles sont suffisamment connues pour que nous ne les décrivions pas ci-après. Nous insisterons, par contre, sur le dosage des sucres réducteurs, qui peuvent présenter un particulier intérêt, ainsi que l'a montré LECOQ (52) dans l'étude des chocolats caramélisés.

L'élaboration d'une technique satisfaisante n'a pas été sans difficulté; nous pensons cependant avoir réussi à mettre au point un procédé suffisamment rapide et précis pour être retenu. Nous sommes partie du procédé de FOLIN (21), qui est quotidiennement mis en œuvre pour la détermination du glucose dans le sang. Nous avons dû y adapter un moyen de défécation différent, préconisé par SCHLENKER (94), et nous avons utilisé la méthode de Gabriel BERTRAND (6) pour contrôler l'exactitude de cette technique.

Voici d'ailleurs le détail de nos opérations :

On épuise 5 gr. de chocolat par de l'eau distillée tiède jusqu'à obtention de 100 cm³ de solution contenant la partie soluble de 5 gr. de chocolat. Prélever 10 cm³ de cette solution dans un tube à centrifuger gradué, puis ajouter de la solution d'acétate neutre de plomb à 5 % jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de précipitation (1 cm³ environ). Centrifuger quinze minutes, puis, sans séparer, ajouter une goutte de bleu de bromothymol et, goutte à goutte, de la solution saturée de phosphate de sodium, jusqu'à virage au bleu. Compléter à 12 cm³ avec de l'eau distillée, agiter et centrifuger cinq minutes.

On prélève 2 cm³ de la liqueur surnageante dans un tube à essai gradué à 25 cm³, on y ajoute 2 cm³ de solution de tartrate de cuivre alcaline de FOLIN, dont nous donnons la formule un peu plus loin. Dans un tube identique, on verse 2 cm³ de solution étalon à 0 gr. 01 % de glucose pur anhydre et 2 cm³ de liqueur cuproalcaline. Puis les deux tubes sont mis au bain-marie bouillant, sans agiter, pendant dix minutes. On les plonge ensuite pendant une minute dans de l'eau froide, puis on ajoute

rapidement dans chacun d'eux 2 cm³ de liqueur molybdique de FOLIN (voir ci-après). Dès que le dégagement de CO₂ a cessé d'être visible (2 ou 3 minutes), on complète à 25 cm³ avec de l'eau distillée, on agite et au bout de cinq minutes on fait la lecture colorimétrique au moyen d'un colorimètre du type DUBOSC perfectionné, HELIGE par exemple.

La formule des solutions utilisées est la suivante :

1° Solution de tartrate de cuivre alcaline. On dissout dans 600 à 700 gr. d'eau distillée :

Tartrate de sodium	12 gr.
(ou sel de la Rochelle	15 gr.)
Carbonate de sodium anhydre	7 gr.
Bicarbonate de sodium	20 gr.

On y ajoute la solution suivante :

Sulfate de cuivre	5 gr.
Eau distillée	200 cm ³

puis on complète à un litre.

2° Solution molybdique : on dissout 150 gr. de molybdate de sodium (MoO₄Na₂, 2 OH₂) dans 300 cm³ d'eau, puis on filtre dans un vase jaugé d'un litre et on lave le filtre avec 75 cm³ d'eau. On ajoute quelques gouttes de brome pour oxyder les substances réductrices que peut apporter le molybdate et on agite jusqu'à dissolution. Après avoir laissé reposer une heure, on ajoute en agitant 225 cm³ d'acide phosphorique à 85 % (le brome en excès est libéré et donne une couleur jaune à la solution), puis 150 cm³ d'un mélange contenant un volume d'acide sulfurique et trois volumes d'eau préalablement refroidis. Le mélange est exposé dans un courant d'air pendant une demi-heure afin d'éliminer les dernières traces de brome. Enfin, on ajoute 75 cm³ d'acide acétique à 9 %; on agite et on complète à un litre.

Pour la vérification de cette méthode, nous avons utilisé la méthode de BERTRAND. Nous avons déféqué avec la même solution d'acétate neutre de plomb qui n'influence pas la réduction de la liqueur de FEHLING. Nous avons d'abord cherché quelle était la sensibilité des deux méthodes vis-à-vis de solutions titrées de glucose.

Remarquons tout de suite que la méthode de BER-

TRAND ne permet pas de doser des solutions contenant moins de 50 mg. de glucose p. 100, alors que la micro-méthode de FOLIN permet d'apprécier moins de 10 mg. p. 100 de glucose. Nous avons donc opéré sur des solutions contenant de 100 mg. à 500 mg. p. 100 de glucose, que nous avons dû diluer au 10^e ou au 20^e pour le dosage par la méthode de FOLIN.

TABLEAU IX

Solutions titrées de glucose à : 100 gm. p. 100	Méthode de FOLIN 100 mg. p. 100	Méthode de BERTRAND 100 mg. p. 100
200	203	200
300	305	301
400	410	403
500	509	500

Le tableau IX montre que la méthode de FOLIN est un peu moins précise que la méthode de BERTRAND et donne des valeurs un peu fortes, mais cependant acceptables. Cette méthode donne d'ailleurs des résultats d'autant plus exacts que la concentration de la solution à titrer est voisine de celle du témoin et il sera toujours préférable de diluer les solutions de façon à ce qu'elles ne contiennent pas plus de 20 mg. p. 100 de glucose, le témoin en contenant 10 mg. p. 100.

Ces deux méthodes ont ensuite été appliquées au dosage des sucres réducteurs dans différents types de chocolats et voici quelques-uns de nos chiffres, les liqueurs titrées correspondant à 5 gr. de chocolat pour 100 cm³ (voir tableau X).

TABLEAU X

Liqueurs correspondant à 5 g. de chocolat p. 100	Sucres réducteurs en mg. p. 100 dans la solution		Sucres réducteurs en g. p. 100 dans le chocolat	
	Méthode de FOLIN	Méthode de BERTRAND	FOLIN	BERTRAND
Liqueur 1	20,2	68	0,40	1,36
— 2	6,2	64,3	0,12	1,28
— 3	9,4	52	0,188	1,04
— 4	12,3	60,5	0,24	1,21
— 5	15,8	63,2	0,31	1,26
— 6	36	75	0,61	1,50
— 7	92	175	1,84	3,40
— 8	47	140	0,81	2,80

Il y a donc une grande divergence entre les deux méthodes. Pour voir si cette divergence ne venait pas de la défécation, nous avons éliminé l'excès de plomb dans la défécation pour la méthode de BERTRAND, mais nous n'avons trouvé aucune différence. Il ne pouvait donc y avoir que : soit réduction insuffisante dans la méthode de FOLIN qui ne doserait pas tous les sucres réducteurs présents, soit réduction exagérée dans la méthode de BERTRAND, pour laquelle la concentration en sucres réducteurs serait insuffisante, soit les deux à la fois. Le seul moyen de vérifier nous a paru être d'ajouter à une liqueur déjà titrée par les deux méthodes une quantité exactement pesée de glucose, puis de doser à nouveau et de voir si le glucose était intégralement retrouvé.

Le tableau XI donne quelques chiffres particulièrement significatifs.

TABLEAU XI

Liqueurs correspondant de 5 g de chocolat	Sucres réducteurs en mg. p. 100		Glucose retrouvé en mg. p. 100	
	FOLIN	BERTRAND	FOLIN	BERTRAND
Liqueur 1.....	20,2	68	} 52,8	61
Liqueur 1 + 51 mg. p. 100 de glucose.....	73	129		
Liqueur 2.....	6,2	64,3	} 50,8	59,4
Liqueur 2 + 50 mg.....	57	123,7		
Liqueur 3.....	9,4	52	} 56,6	72
Liqueur 3 + 55 mg.....	66	124		
Liqueur 4.....	12,2	60	} 50,7	60,5
Liqueur 4 + 50 mg.....	63	120,5		
Liqueur 5.....	15,8	63,9	} 50,2	58,9
Liqueur 5 + 50 mg.....	66	122,1		

Ce tableau montre que, dans les limites de l'expérience, c'est-à-dire dans le dosage des sucres réducteurs du chocolat, la méthode de FOLIN est nettement préférable à la méthode de BERTRAND, laquelle donne alors des résultats beaucoup trop forts.

Nous nous sommes demandé s'il y avait un rapport constant entre les chiffres donnés par la méthode de BERTRAND et ceux qui sont donnés par la méthode de FOLIN. Le tableau XII indique les rapports entre ces chiffres pour les différents dosages des tableaux X et XI.

TABLEAU XII

Méthode de FOLIN	Méthode de BERTRAND	Rapport
6,2	64,3	10,4
9,4	52	5,5
12,3	60,5	4,9
15,8	63,2	4,0
20,2	64	3,3
26	75	2,0
47	140	2,9
57	123,7	2,1
64	120,5	1,9
65	122	1,8
73	129	1,7
92	175	1,6

Les chiffres étant groupés par ordre de quantités croissantes, on constate aisément que l'écart est inversement proportionnel à la concentration en sucres réducteurs des solutions. Pour une concentration suffisante, les résultats arriveraient à coïncider, à condition, bien entendu, de diluer suffisamment les liqueurs avant le titrage par la méthode de FOLIN.

Mais comme il est difficile d'obtenir des solutions plus concentrées en chocolat, nous pouvons dire que la méthode de BERTRAND, quoiqu'excellente pour des solutions plus concentrées, ne convient pas du tout au dosage des sucres réducteurs dans le chocolat, alors que la méthode de FOLIN, modifiée, donne dans ce cas des résultats tout à fait satisfaisants.

Les constituants des chocolats ont été en outre appréciés suivant la méthode indiquée par LECOQ (53).

TABLEAU XIII

Analyse de quelques chocolats à cuire

	B	P	D	R
Humidité	0,98	1,60	1,08	2,51
Soluble	71,30	64,60	68,10	63,60
Insoluble	27,75	33,85	30,77	33,66
Beurre	16,85	23,25	20,90	23,12
Insoluble sans le beurre ..	10,90	10,60	9,87	11,53
Cendres totales	1,10	1,12	1,25	1,20
» insolubles	0,72	1,66	0,72	0,75
» solubles	0,38	0,46	0,53	0,45
Sucres réducteurs	0,17	0,65	0,45	0,20
Saccharose	68,68	62,48	66,24	62,00
Sucres totaux	68,85	63,13	66,69	62,20
Soluble moins les sucres.	2,45	1,47	1,41	1,40
<i>Composition probable :</i>				
Sucre	69	63	66	62
Cacao + humidité	31	37	34	38

TABLEAU XIV

Analyse de quelques chocolats fondants

	H	L	C	JC
Humidité	1,50	1,98	1,60	1,66
Soluble	56,45	55,25	47,90	47,85
Insoluble	41,90	42,71	50,32	50,44
Beurre	32,70	31,25	36,12	40,10
Insoluble sans le beurre..	9,12	11,46	14,22	10,34
Cendres totales	1,03	1,26	1,38	1,13
» insolubles	0,67	0,76	0,70	0,71
» solubles	0,36	0,50	0,68	0,42
Sucres réducteurs	0,12	0,38	0,21	0,42
Saccharose	55,28	53,22	45,50	45,88
Sucres totaux	55,40	53,60	45,71	46,30
Solubles moins les sucres.	1,05	1,65	2,19	1,55
<i>Composition probable :</i>				
Sucre	55	53	45	45
Cacao	30	35	40	33
Beurre	15	12	15	22

TABLEAU XV

Analyse de quelques chocolats au lait

	T	C	YA	P
Humidité	1,58	2,44	1,50	1,80
Matière grasse	31,35	33,87	35,52	20,75
Cendres totales	1,35	1,66	1,56	1,80
» insolubles	0,99	1,04	1,16	1,12
» solubles	0,36	0,62	0,40	0,68
Sucres réduct. en lactose..	8,05	9,63	6,80	10,10
Saccharose	45,54	43,11	43,50	50,00
Sucres totaux	53,59	52,74	50,30	60,10
Caséine	5,30	5,00	3,67	5,50
<i>Composition probable :</i>				
Sucre	45	43	43	50
Cacao	25	25	30	20
Beurre de cacao	10	12	13	0
Poudre de lait	20	20	14	20

TABLEAU XVI

Analyse de quelques produits divers au cacao

	D	A	Y	C
Humidité	4,82	1,22	1,22	7,36
Soluble	39,37	57,60	61,00	22,00
Insoluble	56,80	41,08	37,59	70,52
Beurre	38,82	25,56	25,51	19,25
Insoluble sans le beurre	17,67	15,42	12,08	51,27
Cendres totales	2,28	1,38	1,39	6,79
» insolubles	1,62	0,60	0,62	1,30
» solubles	0,66	0,78	0,77	5,46
Sucres réducteurs	8,74	0,72	1,53	0,07
Saccharose	0	50,06	49,56	0

Les analyses ont porté sur : des chocolats à cuire et de consommation (tableau XIII), des chocolats fondants (tableau XIV), des chocolats au lait (tableau XV), et enfin divers produits au cacao (tableau XVI). Dans ce dernier tableau, sous la lettre D, figure un chocolat pour diabétiques renfermant environ 25 % de sorbite; sous la lettre A, un chocolat de consommation, non traité; sous la lettre Y, un chocolat, de même composition, autoclavé; et sous la lettre C, à titre de comparaison, un cacao soluble par un alcali fixe (carbonate de soude).

Emploi de la lécithine dans la fabrication du chocolat

La lécithine de soja, additionnée à la pâte de chocolat en vue de lui donner une plus grande fluidité, est le résidu du raffinage de l'huile de soja; elle est en réalité constituée par de la lécithine brute mêlée à des acides gras concrets.

Le produit commercial est, en outre, vendu additionné d'environ 50 % de beurre de cacao. Il se présente sous la forme d'un extrait mou, jaunâtre.

Nous avons procédé à l'analyse de deux échantillons de produits de ce type; nous les avons trouvés solubles dans l'éther, le chloroforme et imparfaitement solubles dans l'acétone. La fraction soluble étant constituée par la lécithine vraie.

Nous avons, en outre, déterminé la quantité de matière grasse soluble dans l'acétone, la quantité de lécithine

thine (par différence) et la proportion de phosphore et d'azote contenue dans le produit brut; les résultats sont donnés ci-après :

	1 ^{er} échantillon	2 ^e échantillon
Matières grasses	56,8	54,0
Lécithine	43,2	46,0
Phosphore	1,826	2,050
Azote	0,874	0,896

Le phosphore a été dosé, après minéralisation, au moyen de la méthode de JAVILLIER et DJELLATIDÈS, et l'azote par la méthode de KJELDAHL, modifiée par RONCHÈSE (35) (68).

L'action de la lécithine sur la pâte de chocolat a été récemment étudiée par Yvonne LEFEBVRE-LEBEAU (67), qui a montré que l'addition de lécithine dans la proportion de 0,3 % entraîne un abaissement de la viscosité, favorise le conchage et diminue le surbeurrage. Le produit commercial impur est habituellement ajouté à la dose de 0,5 %.

D'après controverses furent échangées au sujet de cette addition; on craignait que son emploi ne favorise la fraude et ne modifie les indices des matières grasses. En définitive, la Société des Experts-Chimistes admit cette pratique (18), qui est actuellement tolérée comme licite; mais celle-ci n'est pas appliquée par tous les fabricants.

L'addition de lécithine ne peut être décelée que par le dosage du phosphore lipoïdique; mais il y a lieu de tenir compte de la teneur naturelle du cacao en lécithine, laquelle est, selon REWALD et CHRISTLICH (89), de 0,07 à 0,25 %.

Le produit commercial ajouté à la dose de 0 gr. 50 % élève la teneur en lécithine d'environ 0 gr. 20 %. Ajouté à un chocolat à 35 % de cacao, celui-ci renfermant la proportion maxima de lécithine naturelle, il élève sa teneur en lécithine de :

$$\frac{0,25 \times 35}{100}, \text{ soit } 0,08 \%, \text{ à } 0,28 \%. \text{ Et si l'on prend}$$

2 % comme moyenne de phosphore de la lécithine, la

teneur en phosphore lipoidique du chocolat passe de 1 mg. 6 à 6 mg. 6 %. On voit donc que le dosage du phosphore renseigne très suffisamment sur la teneur du chocolat en lécithine, à condition que ce dosage soit effectué sur la matière grasse extraite du chocolat, afin de ne comporter que le phosphore lipoidique.

Nous avons notamment procédé au dosage du phosphore de deux échantillons de chocolats commerciaux, l'un dépourvu de lécithine et l'autre additionné de lécithine. 15 gr. du produit furent, dans les deux cas, épuisés pendant cinq heures dans un appareil de KUMAGAWA avec le mélange suivant :

Alcool à 96°	20 cm ³
Ether de pétrole	80 cm ³

La présence d'alcool est ici nécessaire pour détruire les combinaisons formées entre la lécithine et les matières albuminoïdes.

Le solvant est ensuite évaporé et le phosphore dosé comme précédemment par la méthode de JAVILLIER et DJELATIDÈS, après minéralisation du phosphore au moyen du mélange sulfo-nitrique.

Il a été trouvé, dans ces conditions, pour un chocolat additionné de lécithine 5 mg. % de phosphore et pour le chocolat non additionné 1 mg. 29 % de phosphore. Ce qui donne :

$$5,44 - 1,29 = 4 \text{ mg. } 15 \%$$

de phosphore provenant de la lécithine de soja.

CHAPITRE V

DÉTERMINATION DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DES CHOCOLATS

La détermination de la valeur alimentaire du cacao en fèves n'a que peu d'intérêt, puisque celui-ci n'est consommé qu'après avoir subi diverses transformations. Nous ne retiendrons pas le cacao solubilisé, qui est d'ailleurs habituellement consommé avec du lait, et n'examinerons ci-après que la valeur alimentaire des différents chocolats purs et de quelques chocolats additionnés.

Le plus simple moyen d'apprécier la valeur alimentaire d'une substance consiste, ainsi que l'ont fait PERROT et LECOQ (84), pour leur étude des farines composées, à donner les substances à essayer à titre exclusif à un animal d'expérience convenablement choisi, le rat par exemple. Le pigeon peut également être utilisé, mais il convient, dans ce cas, de tenir compte des besoins particuliers de cet animal en substances de lest.

Incidemment, LECOQ (46) avait signalé la faible valeur alimentaire des chocolats fondants; d'autre part, LABBÉ et ses collaborateurs ont mis en évidence la présence de stérols activés dans les graines de cacao (42), mais aucun travail systématique et d'ensemble n'avait été consacré à la détermination de la valeur alimentaire des divers chocolats.

Nos essais ont porté comparativement sur le rat et sur le pigeon. Nous allons les exposer ci-après, examinant dans une première partie les chocolats non additionnés, c'est-à-dire ne comportant pas d'autres éléments que la pâte de cacao sucrée, surbeurrée ou non, avec les aromates habituellement utilisés et avec ou sans lécithine de soja, cette pratique étant à l'heure actuelle considérée comme licite. Dans une seconde partie, les chocolats additionnés seront étudiés.

Etude des chocolats purs

Le rat, comme le pigeon, présente l'avantage, mais aussi l'inconvénient, de ne pas être sensible à l'absence de vitamine antiscorbutique. Il est évident que cette vitamine manque dans le chocolat et son absence ne peut intervenir comme facteur limitatif de nos expériences, puisque les animaux choisis ne sont pas sensibles à cette carence. Inversement, il importe de ne pas conclure à sa présence dans le cas de longue survie observé chez les sujets d'expérimentation. Cette restriction faite, il convient de signaler, en outre, la différence de réaction observée chez le pigeon et chez le rat.

Le pigeon est utilisé adulte; il n'est donc pas possible de noter l'influence du régime sur sa croissance. Il offre, par contre, l'avantage de pouvoir être gavé et, par conséquent, d'absorber quotidiennement une quantité connue des aliments à essayer. En outre, il est très sensible au déséquilibre alimentaire.

Le rat, qui est utilisé jeune, permet d'apprécier l'action de tel ou tel aliment sur la croissance, mais il mange à sa guise, et, dès que la substance alimentaire essayée ne lui convient pas, il se cachectise par inanition.

L'un et l'autre animal présentent, comme on le voit, des avantages et des inconvénients en tant que réactifs biologiques; mais l'un et l'autre se complètent admirablement.

Nous avons utilisé dans cette première série de recherches cinq chocolats différents, dont nous donnons ci-après les compositions chimiques :

	J	H	R	C	S
Humidité	1,44	2,16	2,51	1,38	0,96
Soluble dans l'eau	65,50	67,70	63,60	67,00	56,20
Insoluble	32,37	30,10	33,66	31,44	42,40
Beurre	22,40	20,10	23,13	22,25	32,00
Insoluble sans le beurre..	9,97	10,00	11,53	9,19	10,40
Cendres	1,06	2,16	1,20	1,10	1,02
» solubles	0,41	0,46	0,45	0,44	0,42
» insolubles	0,65	1,70	0,75	0,66	0,60
Sucres réducteurs	0,44	0,18	0,20	0,38	0,11
Saccharose	63,54	66,48	62,00	64,72	54,21
Sucres totaux	63,98	66,66	62,20	65,10	54,32
Solubles sans les sucres	1,52	1,04	1,40	1,90	1,88
Azote total	0,74	0,67	0,82	0,75	0,83
Matières azotées (Nx6,25) ...	4,62	4,19	5,12	4,69	5,19

A priori, on peut noter dans tous les chocolats une faible teneur en substances azotées.

Les trois premiers, J, H et R, correspondent aux différents types commerciaux de chocolats à cuire. Le chocolat C n'est autre que le chocolat J additionné au cours de sa fabrication d'une lécithine de soja. Enfin, le chocolat S est un excellent type de chocolat fondant.

Notons que le chocolat H, de qualité inférieure, paraît renfermer une forte proportion de coques ou de germes, ainsi que l'indique le pourcentage de cendres insolubles.

a) *Essai sur le pigeon.*

Les chocolats J, C (J+Léc.) et S, correspondant à un chocolat à cuire pur, à un chocolat lécithiné et à un chocolat surbeurré (fondant), furent donnés comparativement à titre de nourriture exclusive à des lots de quatre pigeons adultes de 350 gr. environ, par gavage, à raison de 18 gr. par jour, quantité énergétiquement satisfaisante, complétés par l'addition de 2 gr. d'aliment de lest, constitué par 1 gr. 60 d'agar-agar pulvérisé et 0 gr. 40 de papier filtre coupé en menus morceaux. De l'eau de source était donnée par ailleurs *ad libitum*.

Les animaux sont maintenus dans des cages, pourvues d'un double fond en tôle pour recevoir les excréments, et pesés quotidiennement avant gavage; leur température est prise sous l'aile au moyen d'un thermomètre médical, également tous les jours.

Les survies obtenues dans ces conditions furent les suivantes :

Chocolat J	20 à 35 jours
Chocolat C (J+Lec.)	20 à 35 jours
Chocolat S	20 à 35 jours

Un graphique typique de chacune de ces expériences est donné ci-après; dans tous les cas, on enregistre une chute de poids assez régulière, et, dans le dernier tiers de l'expérience, une chute de la température qui peut, dans les derniers jours, être plus ou moins accentuée (voir fig. 3, 4 et 5).

Les animaux moururent, dans la moitié des cas environ, en présentant des crises polynévritiques, à notre connaissance du moins, car il arrive fréquemment

que les animaux meurent en crises au cours de la nuit et que celles-ci passent inaperçues.

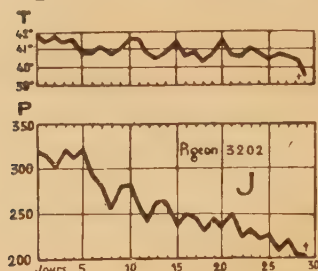


FIG. 3. — Le chocolat à cuire J ne permet chez le pigeon qu'une survie de 20 à 35 jours. Les courbes de poids et de température sont comparables à celle d'une avitaminose B typique.

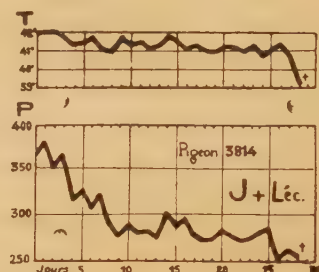


FIG. 4. — L'addition de lécithine de soja, aux doses utilisées dans l'industrie, ne modifie pas la valeur alimentaire du chocolat.

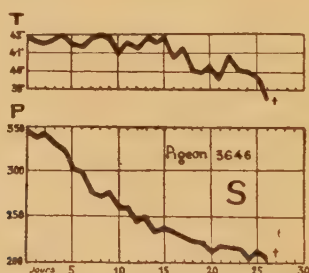


FIG. 5. — Les courbes obtenues avec le chocolat fondant S sont comparables à celles obtenues avec le chocolat à cuire J. Le surbeurrage de la pâte n'a donc pas d'influence sensible.

Les courbes de poids et de température des trois graphiques sont assez comparables à celle d'une avitaminose B typique; elles sont en faveur d'une insuffisance en vitamines B, mais pourraient être également attribuées à un déséquilibre alimentaire.

Quoiqu'il en soit, l'addition de lécithine de soja ou de beurre de cacao ne paraît nullement modifier, l'améliorant ou le diminuant, la valeur alimentaire du chocolat.

b) Essai sur le rat.

Les chocolats J, H, R, C et S ont été par ailleurs donnés à cinq lots de six jeunes rats blancs de 50 à 70 gr.

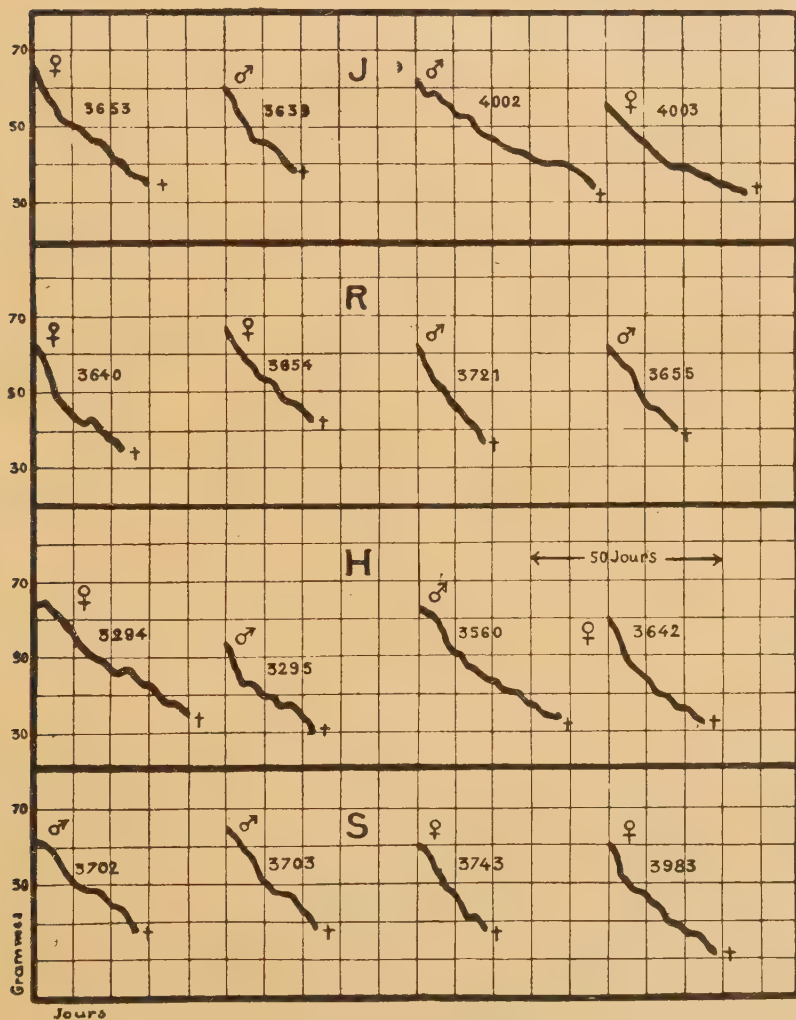


FIG. 6. — Les multiples insuffisances des chocolats à cuire J, R et H et du chocolat fondant S se manifestent chez le rat par une chute constante de poids et la production d'œdème des pattes postérieures.

A cet effet, ils étaient préalablement râpés et mis à la disposition des animaux dans des mangeoires en zinc; du papier filtre roulé en petites boules était, en outre,

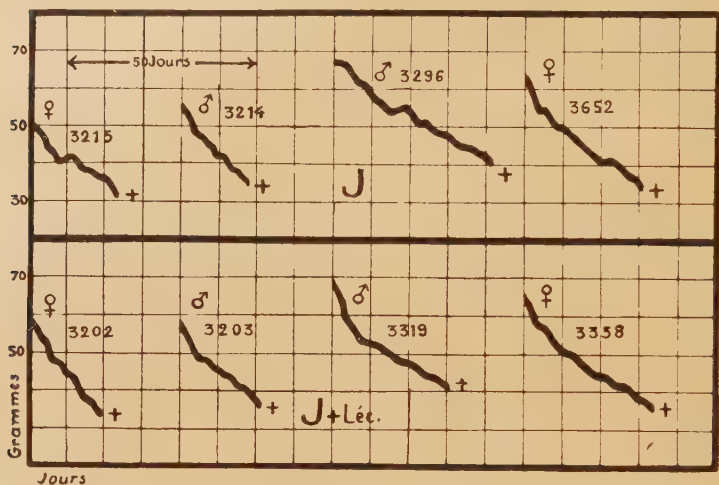


FIG. 7. — La valeur alimentaire du chocolat pour le rat, n'est pas modifiée par l'addition à la pâte de lécithine de soja.



FIG. 8. — Patte postérieure d'un rat présentant de l'œdème de nutrition dû à l'ingestion exclusive de chocolat pur, comparée à celle d'un rat normal.

donné à titre de litière et comme aliment de lest de complément; de l'eau était fournie à volonté dans un abreuvoir en verre. Le tout est disposé dans une cage

métallique à double fond, semblable à celle utilisée pour les pigeons, mais de dimensions plus restreintes.

Avec notre maître LECOQ (64), nous avons été amenée à constater la production fréquente, chez ces animaux, d'un œdème des pattes postérieures assez caractéristique, comme on pourra s'en rendre compte d'après la figure 8.

Les résultats des diverses expériences sont d'ailleurs groupés dans le tableau XVII.

TABLEAU XVII

Essai sur le rat de quelques chocolats à cuire (J, H, R, C) ou fondant (S)

Régime	Sexe	Poids initial	Poids final	Temps de survie	Œdème
Chocolat J....	f	50 gr.	30 gr.	22 j.	+
	m	56 gr.	33 gr.	18 j.	+
	f	69 gr.	42 gr.	45 j.	0
	m	51 gr.	30 gr.	19 j.	+
	f	64 gr.	36 gr.	29 j.	++
	f	66 gr.	36 gr.	28 j.	+
Chocolat H...	f	65 gr.	39 gr.	40 j.	+
	m	53 gr.	29 gr.	23 j.	+
	m	63 gr.	37 gr.	35 j.	0
	f	54 gr.	32 gr.	43 j.	0
	f	60 gr.	34 gr.	25 j.	±
	m	60 gr.	35 gr.	24 j.	±
Chocolat R...	f	61 gr.	32 gr.	23 j.	++
	m	67 gr.	35 gr.	19 j.	±
	f	68 gr.	44 gr.	22 j.	+
	m	62 gr.	36 gr.	18 j.	0
	f	61 gr.	38 gr.	16 j.	++
	m	64 gr.	40 gr.	12 j.	+
Chocolat C...	f	58 gr.	35 gr.	19 j.	0
	f	65 gr.	35 gr.	32 j.	+
	m	70 gr.	40 gr.	34 j.	+
	m	60 gr.	35 gr.	39 j.	+
	m	62 gr.	34 gr.	34 j.	+
	f	64 gr.	38 gr.	20 j.	+
Chocolat S....	f	58 gr.	36 gr.	22 j.	+
	f	60 gr.	38 gr.	18 j.	0
	m	61 gr.	38 gr.	25 j.	±
	m	65 gr.	39 gr.	22 j.	+
	m	60 gr.	40 gr.	14 j.	+
	f	64 gr.	35 gr.	29 j.	+

On voit que la production d'œdème par le chocolat a été observée 24 fois sur 30, elle paraît assez comparable aux œdèmes de nutrition qui furent observés pendant la Grande Guerre, principalement dans les Empires centraux, alors que l'alimentation se trouvait limitée en qualité et quantité (98).

Il y a lieu de remarquer que, chez le rat comme chez le pigeon, les chocolats purs, additionnés ou non de lécithine ou de beurre de cacao, se comportent tous de façon très comparable et se montrent incapables d'assurer même le simple entretien du poids des animaux (voir fig. 6 et 7). Il en serait de même d'ailleurs, ainsi que l'a montré LECOQ (47), des animaux recevant une alimentation exclusive de sucre (saccharose).

Ces résultats ne peuvent pas dénier toute valeur alimentaire au chocolat, mais montrent simplement que celui-ci ne saurait prétendre au titre d'aliment complet.

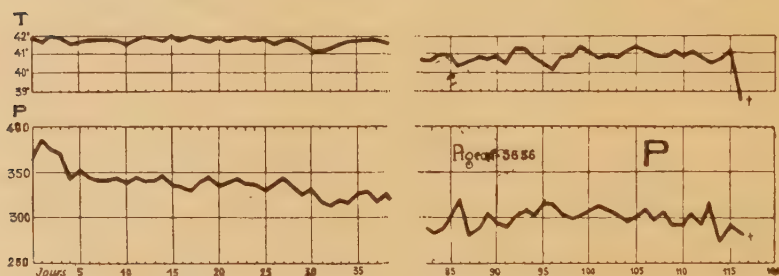


FIG. 9. — L'addition de poudre de lait faite dans le chocolat P, augmente considérablement la durée de survie chez le pigeon.

Etude des chocolats additionnés

Nous avons examiné parallèlement trois types de chocolat :

un chocolat additionné de poudre de lait (P) ;

un chocolat additionné de poudre de lait et surbeurré (M) ;

et un chocolat pour diabétiques renfermant, d'après la vignette, 25 % de sorbite et, d'après l'analyse, une certaine proportion de caséine ou de substances comportant de la **caséine**.

Voici d'ailleurs la composition centésimale de ces produits :

	P	M	D
Humidité	1,80	1,24	4,82
Matières grasses	20,75	33,60	39,17
Cendres totales	1,80	1,56	2,28
» insolubles	1,20	1,04	1,62
» solubles	0,68	0,52	0,66
Sucres réducteurs en lactose ..	10,10	8,40	8,74
Saccharose	50,00	45,76	0
Sucres totaux	60,10	54,16	8,74
Caséine	5,50	4,20	6.
N total	1,27	0,93	1,70
Matières protéiques	7,95	5,81	10,65
Sorbite	—	—	25.

L'essai de la valeur alimentaire de ces chocolats a été effectué sur le pigeon et sur le rat, comme précédemment.

a) *Essai sur le pigeon.* — Les chocolats P, M et D ont été donnés à titre exclusif, avec addition d'un dixième de substance de lest (agar-agar et papier filtre), à de nouvelles séries de quatre pigeons. Les durées de survies observées dans ces conditions furent les suivantes :

Chocolat P	3 à 5 mois
Chocolat M	4 à 6 mois
Chocolat D	30 à 55 jours

Toutes ces survies sont manifestement très supérieures aux survies précédemment obtenues avec le chocolat pur; l'addition de lait augmentant très nettement la valeur alimentaire des chocolats, ce qui est dû vraisemblablement au renforcement des substances azotées du cacao par les protides du lait (voir fig. 9 et 10).

Le cas du chocolat D est plus complexe; on ignore en effet sa composition exacte, et la sorbite peut dans certains cas, ainsi que l'a montré LECOQ, se comporter comme un élément de déséquilibre (voir fig. 11).

Dans tous les cas, la mort des animaux survint en crises polynévritiques; celles-ci pouvant même présenter, dans quelques cas, des formes récidivantes, ainsi que nous l'avons noté spécialement dans le graphique de l'un des animaux soumis au chocolat M (voir fig. 10).

Ces accidents, comme ceux qui ont été observés avec le chocolat pur, paraissent justiciables, soit d'une avitaminose B, soit d'un déséquilibre alimentaire.

b) *Essai sur le rat*. — Des lots de six rats de 50 à 70 grammes furent également soumis aux trois chocolats, donnés à titre exclusif (voir fig. 12 et 13).

La durée de survie fut, dans tous les cas, supérieure à six mois, mais des croissances très différentes furent

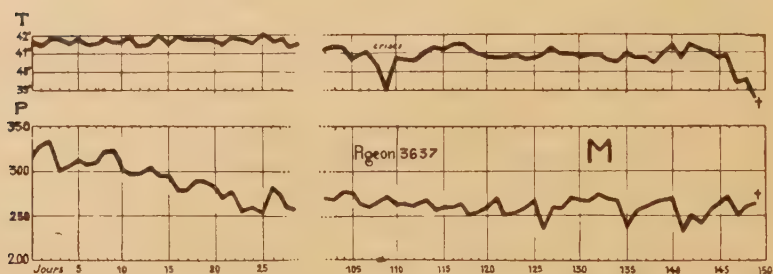


FIG. 10. — L'addition de poudre de lait et de beurre faite dans le chocolat M, augmente également la durée de survie.

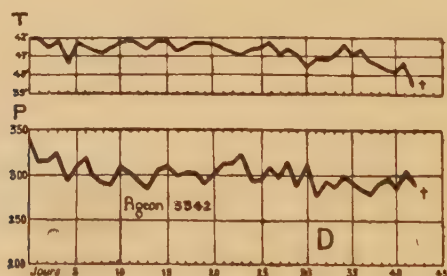


FIG. 11. — Le chocolat D à la sorbite ne permet qu'une survie limitée chez le pigeon.

observées avec le chocolat P; la croissance est sensible, mais nettement inférieure à la normale. Le pouvoir reproductif des sujets est conservé aussi bien chez le mâle que chez la femelle; une dermatite assez étendue se manifeste chez la plupart des animaux mis à ce régime, laquelle doit être vraisemblablement attribuée à l'insuffisance de l'un des multiples facteurs du com-

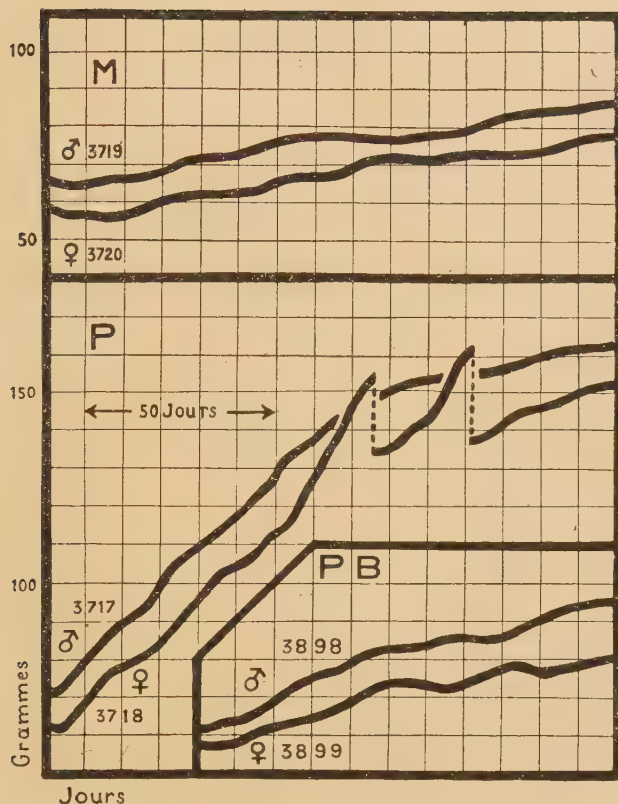


FIG. 12. — Les différences de croissance observées chez le rat, au moyen des chocolats au lait P et M semblent dues à un phénomène d'hyperlipidose; c'est ce que montre l'addition de beurre de cacao faite au chocolat P.

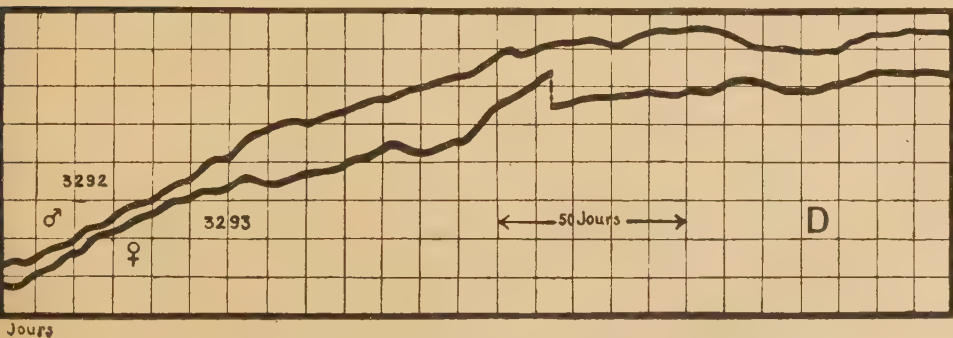


FIG. 13. — Le chocolat D à la sorbite ne permet qu'une croissance limitée.

plexe B (vitamine antipellagreuse, vitamine acrodynamique, facteur H).

Le chocolat M ne permet qu'une simple croissance et pas du tout de reproduction; une dermatite plus ou moins intense fut également observée dans ce cas.

Avec le chocolat D, la croissance est meilleure que dans le cas du chocolat M; mais la dermatite qui se développe est habituellement plus généralisée et s'accompagne fréquemment de lésions cutanées, sanguinolentes; une reproduction limitée fut observée (voir fig. 13).

Ces résultats confirment, de façon indiscutable, la supériorité de la valeur alimentaire de ces chocolats additionnés sur les chocolats purs. Ils ne sauraient cependant, compte tenu de leur carence en vitamine antiscorbutique, convenir comme aliment exclusif pendant des temps prolongés.

Nous n'avons pas manqué d'être frappés de la différence de croissance qui s'observe entre les chocolats P et M; LECOQ et nous-même avons voulu vérifier s'il s'agissait bien là d'une manifestation d'hyperlipidose (65).

A cet effet, nous avons ajouté à 85 parties de chocolat P 15 parties de beurre de cacao. La teneur en lipide de ce mélange avoisinait ainsi la teneur en lipide du chocolat M. Dans ces nouvelles conditions, les courbes de croissance des jeunes rats se ralentirent considérablement et devinrent comparables, ainsi que le montre la figure 12, aux courbes obtenues avec le chocolat M.

Pour fournir une preuve nouvelle de l'existence de cette hyperlipidose chez le rat, nous nous sommes adressés à une préparation lactée et chocolatée spéciale, dans laquelle l'élément glucidique était constitué en dehors du lactose, par du maltose et de la dextrine.

Ce produit O, peu riche en lipides, répond à la composition centésimale ci-après:

Humidité	2,82
Matières grasses	7,90
Cendres totales	3,40
» insolubles	2,32
» solubles	1,07
Sucres réducteurs en maltose	70,60
Saccharose	0
Caséine	6,58
Azote total	1,87
Matières protéiques	11,69

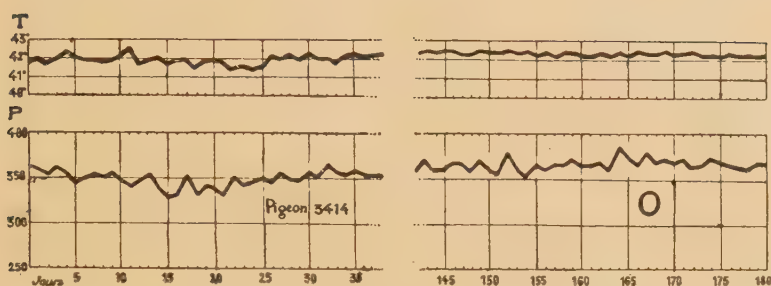


FIG. 14. — Le produit O est un excellent aliment pour le pigeon.

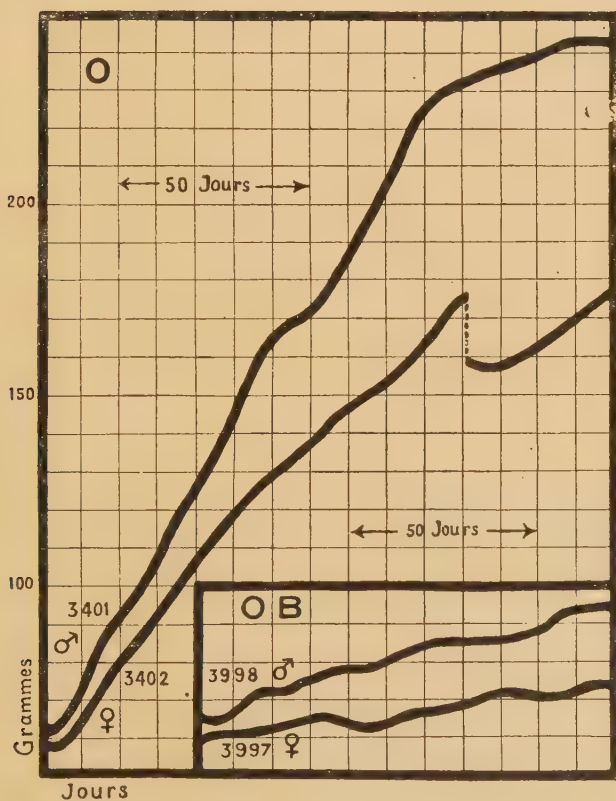


FIG. 15. — L'excès de lipides dans la ration, limite considérablement la croissance, chez le rat. Un nouvel exemple en est fourni par addition de beurre de cacao au produit O qui, normalement, assure une très bonne croissance des animaux.

La valeur alimentaire de ce produit, complété par une addition opportune d'aliment de lest et essayé sur le pigeon, nous a paru particulièrement satisfaisante; les animaux au bout de 6 mois étaient encore en parfait état de santé. Des croissances voisines de la normale furent observées chez les jeunes rats.

Un mélange constitué de 70 parties de produit O et de 30 parties de beurre de cacao a également été essayé sur le rat. Dans ces conditions, la croissance se trouve considérablement ralentie, ainsi qu'on peut d'ailleurs l'observer sur le graphique de la fig. 15.

La réalité des manifestations d'hyperlipidose, facteur limitatif de la croissance chez le rat, semble ainsi démontrée.

CHAPITRE VI

ANALYSE BIOLOGIQUE DES CHOCOLATS NON ADDITIONNÉS

Nous venons de voir, dans le chapitre précédent, que le chocolat pur était incapable de subvenir à l'entretien et à la croissance des animaux de laboratoire : rats blancs et pigeons.

La valeur alimentaire ne paraît pas influencée par l'adjonction de substances autorisées, telles que le beurre de cacao et la lécithine du soja. Par contre, l'addition de poudre de lait accroît très nettement la valeur alimentaire du chocolat, puisqu'elle permet de longues survies chez le pigeon et des croissances plus ou moins appréciables chez le rat. Il est vrai que, dans ce dernier cas, la teneur en lipides intervient comme facteur limitatif de la croissance.

La poudre de lait agit vraisemblablement par les matières azotées et les vitamines qu'elle apporte. Il était intéressant, dans ces conditions, de reproduire l'analyse biologique systématique en procédant à des additions limitées de sources de vitamines ou de matières azotées définies, à savoir la levure de bière desséchée, le germe de blé dégraissé (comme source de vitamines B), l'huile de foie de morue (comme source de vitamines A et D), la peptone de muscle et la caséine purifiée (comme source de protides).

Analyse biologique systématique d'un chocolat pur

Utilisant comme point de départ le chocolat J, étudié dans le chapitre précédent, nous avons procédé à deux séries d'essais : la première sur le pigeon, la seconde sur le rat.

A) Essai sur le pigeon.

Le chocolat J fut donné, comme d'ordinaire, par gavage, à des pigeons adultes, à raison de 18 gr. par jour, complété par 2 gr. de substance de lest (agar-agar et papier filtre).

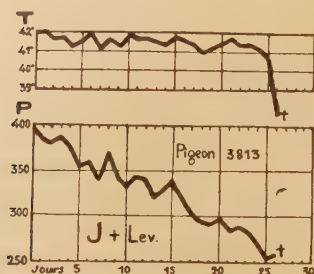


FIG. 16. — L'addition de levure (vit. B) au chocolat J n'augmente pas la durée de survie, chez le pigeon.

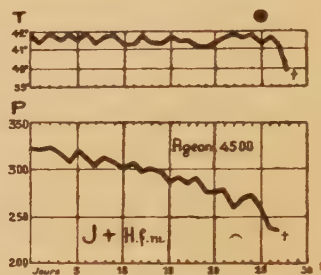


FIG. 17. — L'addition d'huile de foie de morue (vitamines A et D) n'amène aucun changement dans les survies.

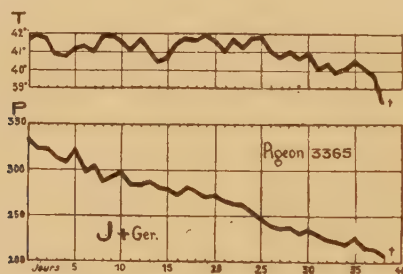


FIG. 18. — L'addition de germes de blé (vitamines B et sans doute aussi protides appropriés) amène une légère augmentation de la durée de survie.

Chaque lot de pigeons était constitué par 4 animaux. Au premier lot servant de témoin, le régime a été donné pur. Pour le deuxième et troisième lots, la ration était additionnée quotidiennement de 0 gr. 50 pour l'un, et de 1 gr. pour l'autre, de levure de bière desséchée. La ration des quatrième et cinquième lots était additionnée dans les mêmes proportions de germes de blé déshuilés. Le sixième recevait, en outre de la ration de base, 0 gr. 40 d'huile de foie de morue par jour (voir fig. 3, 16, 17 et 18).

Les survies observées dans ces conditions furent les suivantes :

Lots	I	Régime de base (choc. J + subst. de lest)	20 à 35 j.
»	II	» + 0 gr. 50 de levure par j.	20 à 35 j.
»	III	» + 1 gr. de levure par j.	20 à 35 j.
»	IV	» + 0 gr. 50 de germ. de blé	25 à 40 j.
»	V	» + 1 gr. de germes de blé	25 à 40 j.
»	VI	» + 0 gr. 40 d'huile de foie de morue	20 à 35 j.

L'addition des vitamines A, B et D ne semble pratiquement amener aucun changement dans les survies des animaux, et les manifestations polynévritiques surviennent dans un certain nombre de cas. Ces faits sont en faveur d'une carence complexe.

Ils laissent à penser que les manifestations polynévritiques sont dues moins à une carence des vitamines B qu'à un déséquilibre alimentaire. La très légère amélioration des survies observées dans le cas des germes de blé, paraît devoir être attribuée à la qualité des protides que ceux-ci apportent.

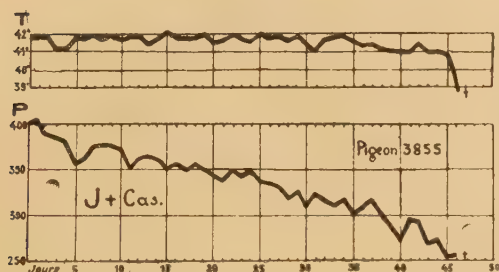


FIG. 19. — L'addition de caséine entraîne une augmentation sensible des durées de survies.

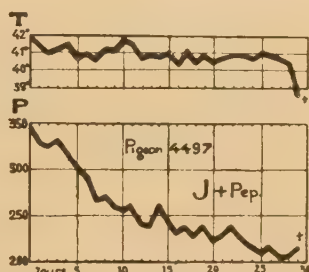


FIG. 20. — L'addition de peptone n'amène par contre aucun changement.

Nous avons d'ailleurs soumis d'autre part deux lots de pigeons aux régimes ci-après, additionnés l'un de caséine, l'autre de peptone de muscle (voir fig. 19 et 20).

	C	P
Chocolat J	80	75
Caséine purifiée	10	0
Peptone de muscle	0	15
Agar-agar	8	8
Papier filtre	2	2

Ces régimes donnés à raison de 20 grammes par jour ont permis aux lots VII et VIII les survies suivantes:

Lots VII Régime C avec caséine 30 à 50 jours
— VIII Régime P avec peptone 20 à 35 —

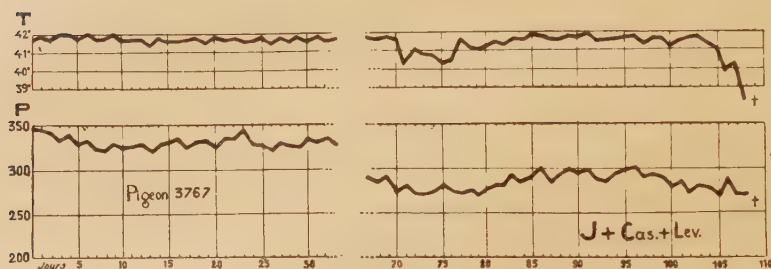


FIG. 21. — La double addition de caséine et de levure (vitamines B) faite au chocolat J, améliore grandement sa valeur alimentaire.

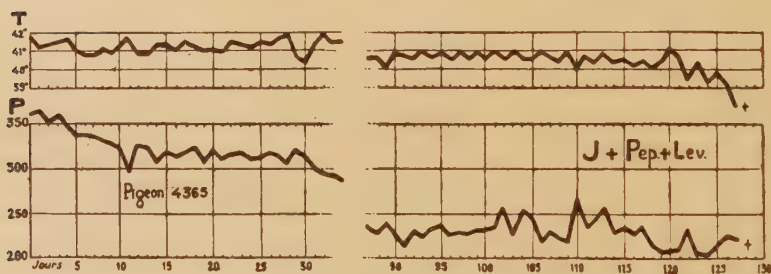


FIG. 22. — En présence de levure, l'addition de peptone amène une augmentation considérable de la durée des survies (cf. Fig. 20).

L'augmentation des survies n'est appréciable que dans le cas de la caséine. Il est vraisemblable que cette action favorisante est due non seulement à la qualité des protides en cause, mais se montre également en relation avec la rapidité de leur assimilation intestinale.

Les expériences de LECOQ ont montré (58 et 59), en effet, que la peptone trop directement assimilable est une cause de déséquilibre alimentaire, qui, vraisemblablement, dans ce cas particulier, se surajoute au déséquilibre dû au chocolat. Il se peut, en outre, qu'une carence complexe intervienne et accroisse le déséquilibre. La véritable cause de l'action déséquilibrante du cho-

colat est inconnue; elle est vraisemblablement due, d'une part, aux oxalates qu'il apporte — LECOQ a montré (57) que l'acide oxalique est une cause de déséquilibre, — et d'autre part, à la présence des bases puriques, caféine et théobromine, quoique, dans ce second cas, la tolérance des animaux vis-à-vis de ces bases, signalée par le Professeur L. LAUNOY, joue certainement un rôle important (43).

Nous avons associé ultérieurement dans les lots IX, X et XI, la caséine et la levure, la peptone et la levure, la peptone, la levure et l'huile de foie de morue. La levure était chaque fois ajoutée à raison de 1 gr. par jour et l'huile de foie de morue à raison de 0 gr. 40.

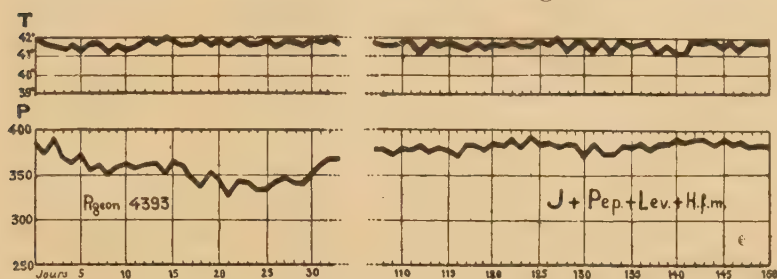


FIG. 23. — La triple addition de sources de vitamines B, de vitamines lipo-solubles et de protides, faite au chocolat J, permet d'obtenir chez le pigeon une survie supérieure à 6 mois.

Dans ces conditions, les survies observées furent :

Lots IX Régime C + 1 gr. de levure 50 à 125 jours
 — X — P + 1 gr. de levure 80 à 125 —
 — XI — P + 1 gr. de levure
 et 0 gr. 40 huile de foie de morue plus de 150 jours
 (voir fig. 21, 22 et 23).

L'addition concomitante d'une source de protides et d'une source de vitamines B (levure) améliore très nettement, comme on le voit, la durée des survies et fournit la preuve de la carence complexe que nous supposions. L'amélioration constatée par addition supplémentaire d'huile de foie de morue est également en faveur d'une carence en vitamines A ou D. Nous examinerons plus à fond ce problème dans un paragraphe spécial.

Quoi qu'il en soit, l'équilibre se trouve rétabli dès qu'on ajoute au chocolat une source satisfaisante de protides et de vitamines liposolubles.

B) *Essai sur le rat.*

Le premier lot servant de témoin reçut du chocolat J. Le second et le troisième lots reçurent le même chocolat et, respectivement, 3 % de levure de bière et

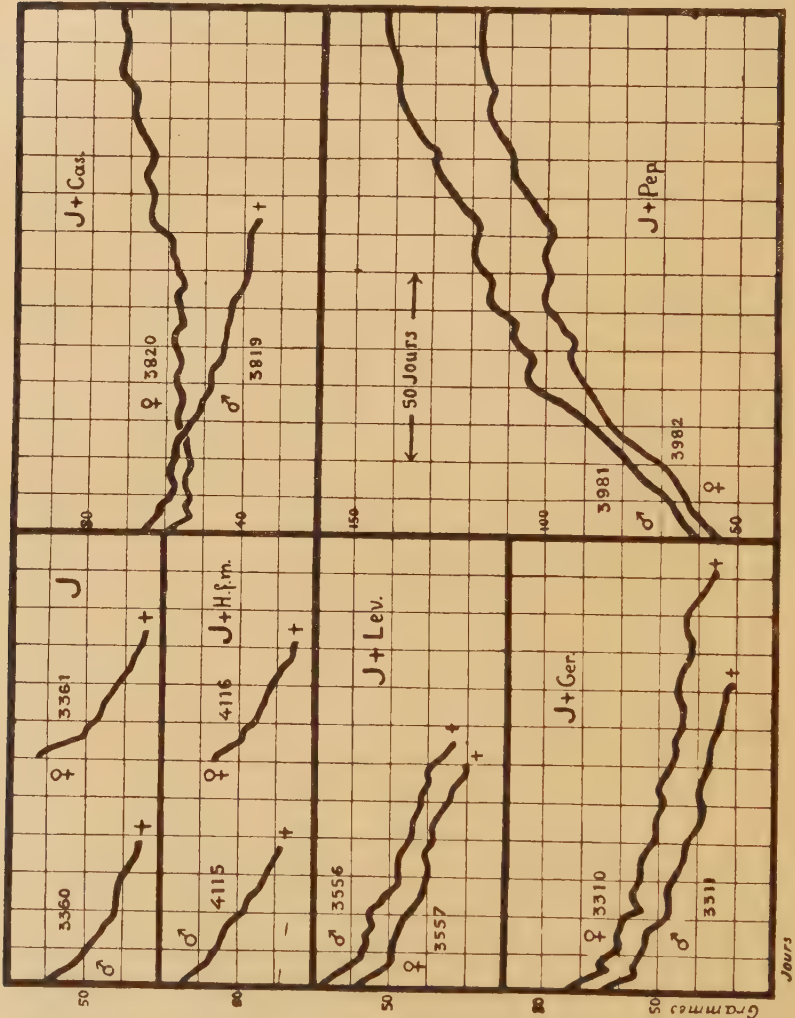


FIG. 24. — Additions successives de sources de vitamines et de protides faites au chocolat J chez le rat.

3 % de germes deshuilés; le quatrième lot reçut le chocolat J additionné de 3 % d'huile de foie de morue; le cinquième et le sixième lots comportaient la simple

addition de 10 % de caséine dans le premier cas et de 15 % de peptone de muscle dans le second.

Les résultats obtenus, enregistrés d'ailleurs dans les graphiques de la fig. 24, peuvent être résumés comme suit :

Lots	I	Chocolat J	20 à 45 jours
»	II	» + 3 % de levure	40 à 70 »
»	III	» + 3 % de germes de blé ..	65 à 110 »
»	IV	» + 3 % huile de foie de mor.	25 à 45 »
»	V	» + 10 % de caséine	2 à 6 mois
»	VI	» + 15 % peptone de muscle..	plus de 6 mois

Comme on peut s'en rendre compte, les réactions du rat sont différentes de celles du pigeon, mais corroborent les résultats précédents enregistrés, à savoir que la levure de bière et les germes de blé qui apportent, en outre des vitamines B, une certaine quantité de protides, donnent une très nette prolongation des survies.

L'huile de foie de morue, source de vitamines liposolubles, est, par contre, pratiquement sans effet.

La caséine et la peptone donnent des survies beaucoup plus longues; mais la peptone, dans ce cas, l'emporte nettement sur la caséine, car elle permet en outre une croissance appréciable.

Pour étudier la carence complexe mise en évidence sur le pigeon, nous avons d'autre part préparé les trois régime ci-après, dans lesquels nous avons associé comme précédemment : la caséine et la levure; la peptone et la levure; la peptone, la levure et l'huile de foie de morue. Voici d'ailleurs la composition de ces régimes :

	Lot VII	Lot VIII	Lot IX
Chocolat J	87	82	80
Caséine	10	0	0
Peptone de muscle	0	15	15
Levure	3	3	3
Huile de foie de morue	0	0	2

Ces trois derniers lots d'animaux ont donné une survie appréciable par l'addition de levure et de caséine, une croissance beaucoup plus nette déjà, par l'addition de levure et de peptone; une croissance tout à fait satisfaisante avec reproduction, par l'addition d'huile de foie de morue, de levure et de peptone (voir fig. 25).

En définitive, nous aboutissons, avec le rat comme avec le pigeon, à la conclusion d'une carence complexe de protides, de vitamines B et de vitamines lipo-solubles.

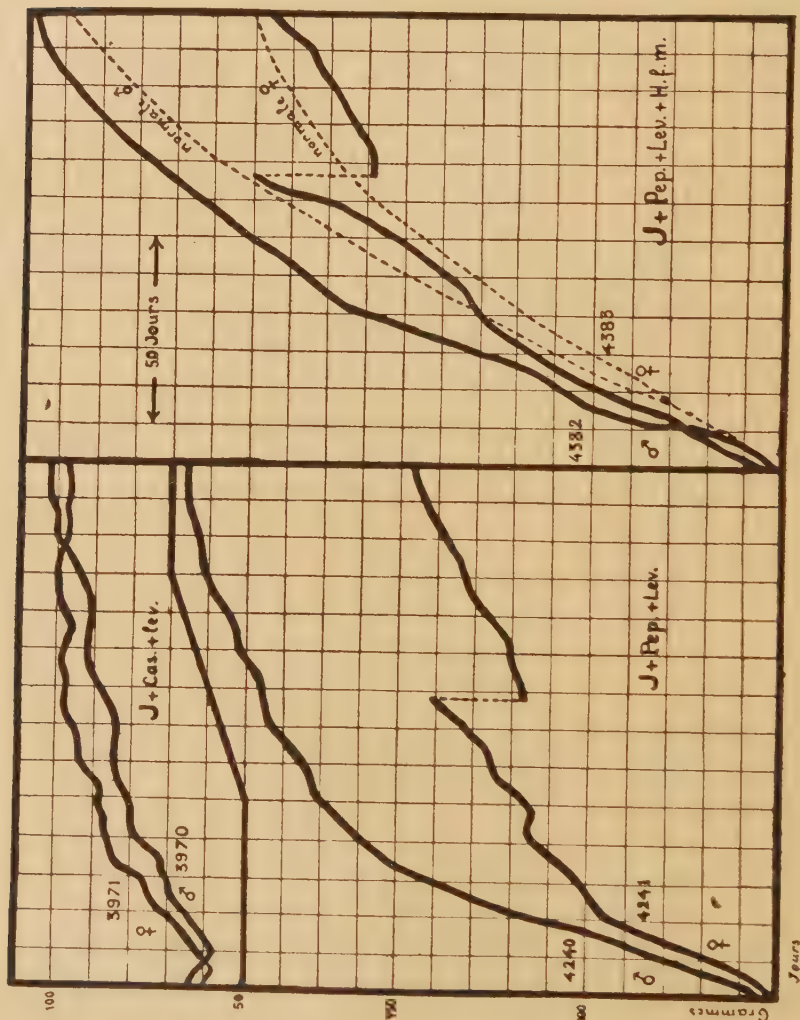


FIG. 25. — Les additions concomittantes de sources de vitamines B, de vitamines lipo-solubles et de protides, faites au chocolat J, permettent d'obtenir, chez le rat, une croissance et une reproduction tout à fait normales.

Etude de l'action antirachitique du chocolat

Nous venons de voir, dans le paragraphe ci-dessus, que l'huile de foie de morue améliore et complète heureusement un régime de chocolat, lorsque celui-ci est, par ailleurs, additionné de sources convenables de protides et de vitamines B. Mais l'huile de foie de morue apporte à la fois la vitamine A et la vitamine D, et on est en droit de se demander si l'effet complémentaire est dû à l'une ou à l'autre de ces vitamines. Par ailleurs, la présence de la vitamine D a déjà été mise en évidence dans les coques de cacao, par divers auteurs, en particulier par H. LABBÉ et HEIM de BALSAC (42), KON et HENRY (41), KNAPP et COWARD (39).

Dans l'amande, H. LABBÉ et HEIM DE BALSAC ont montré la présence à la dose de 0,2 à 0,3 % de 2 stérols qu'ils désignent sous le nom de *théostérols*. Après irradiation, ces stérols, donnés à des rats rachitiques, à raison de 3 gouttes de solution huileuse à 2 % par jour, amènent leur guérison complète.

Il semble donc que l'action précédemment enregistrée soit due plutôt à la vitamine A qu'à la vitamine D.

Il nous a semblé intéressant, cependant, de vérifier l'action antirachitique du chocolat, nous demandant si elle était localisée uniquement dans le beurre, ou si au contraire, elle était due également pour une partie aux sources de phosphore que le cacao apporte.

LECOQ et ses élèves ont montré, en effet, surabondamment l'action d'un grand nombre de dérivés du phosphore (60, 61, 62, 63).

D'autre part, connaissant l'action antirachitique de la lécithine de l'œuf, que récemment LECOQ et BARBAN ont soulignée (63), nous nous devons de rechercher l'action antirachitique propre de la lécithine du soja, quand elle intervient dans la fabrication du chocolat.

La recherche du pouvoir antirachitique est faite sur des jeunes rats blancs, préalablement rachitisés au moyen d'un régime artificiel, donné à titre exclusif, et comportant à la fois un déséquilibre phosphocalcique et une carence en vitamine D.

La guérison de ce rachitisme expérimental peut être obtenue de deux manières, soit en ajoutant à la ration

une source de vitamine antirachitique, soit en corrigeant le déséquilibre phospho-calcique.

Pour nos recherches, nous avons utilisé le régime rachitigène de RANDOIN-LECOQ (86), dont la composition est reproduite ci-après:

Peptone de muscle	17
Levure de bière sèche pulvérisée	3
Graisse de beurre	5
Huile d'olive	5
Saccharose	65
Mélange salin Z 84	4
Lactate de calcium	1
Eau distillée et papier filtre	ad libitum

Donné à titre exclusif à de jeunes rats de 30 à 55 grammes, maintenus dans un réduit bien chauffé, bien aéré, mais privé de lumière, il permet le développement en une semaine d'un rachitisme typique qui se traduit à la radiographie par un élargissement du cartilage de conjugaison des os longs et plus spécialement des têtes du tibia et de l'humérus.

Ajoutée à titre correctif, une dose opportune de vitamine D naturelle ou synthétique, de même qu'une source de phosphore actif, permet en 10 jours d'obtenir la guérison des lésions osseuses; celle-ci étant aisément constatée au moyen d'une nouvelle radiographie.

Un premier lot de 6 jeunes rats, préalablement rachitisés au moyen du régime RANDOIN-LECOQ, reçut au bout d'une première semaine le mélange ci-après, dans lequel le chocolat est substitué au saccharose et à l'huile d'olive, répondant par conséquent à la composition ci-dessous:

Peptone de muscle	17
Levure de bière sèche pulvérisée	3
Graisse de beurre	5
Chocolat J	70
Mélange salin Z 84	4
Lactate de calcium	1

Dans ces conditions, la calcification des animaux fut normalement obtenue au bout de 8 à 10 jours.

Nous avons alors voulu essayer séparément, d'une part, le beurre obtenu par épuisement à l'éther d'une

certaine quantité de chocolat, et, d'autre part, le produit résultant de l'épuisement.

Les deux régimes ci-après furent alors constitués :

	I	II
Peptone de muscle	17	17
Levure de bière	3	3
Graisse de beurre	5	5
Huile d'olive	15,70	0
Beurre du chocolat J	0	15,70
Saccharose	0	54,30
Chocolat J débeurré	54,30	0
Mélange salin Z 84	4	4
Lactate de calcium	1	1

Nous les avons donnés, suivant la technique habituelle, à des lots de jeunes rats rachitisés, et nous avons constaté que le régime au beurre de cacao ne produisait pas d'effet sensible, alors que le régime au chocolat débeurré donnait une calcification déjà appréciable, mais insuffisante.

Nous avons alors repris ces expériences, en doublant d'une part la quantité de beurre, et en portant d'autre part la proportion du chocolat débeurré à 65 %; le beurre a donné dans ce cas une faible calcification, alors que le chocolat débeurré assurait au contraire une calcification satisfaisante.

Nous croyons pouvoir conclure de ces expériences, que le chocolat est doué d'une action antirachitique certaine. Cette action est due, pour 1/4 environ au beurre qu'il renferme et pour les 3/4 aux substances phosphorées naturelles de cacao.

Le beurre de cacao étant un excellent véhicule pour la vitamine D, les industriels devaient tout naturellement préparer des chocolats enrichis en vitamines D. Dans ce cas l'enrichissement est obtenu par dissolution de la vitamine D cristallisée synthétique dans un peu de beurre ajouté au chocolat. Certain chocolat pharmaceutique spécialisé nous a donné une calcification parfaite, ainsi que l'on pourra s'en rendre compte par la figure 26, par simple addition d'un centigramme de chocolat à 100 grammes de régime RANDOIN-LECOQ.

Nous avons, par ailleurs, essayé l'action antirachitique de la lécithine de soja, et nous avons trouvé qu'une

dose minima apportant 125 mgr. de phosphore par 100 grammes de régime était nécessaire pour obtenir une calcification satisfaisante. Cette action est inférieure à celle des α et β glycérophosphates de calcium et de sodium.



FIG. 26. — Type d'expérience montrant un rat rachitisé après 7 jours d'alimentation exclusive au régime RANDOIN-LECOQ et le même rat après 10 jours de traitement curatif au moyen d'une substance douée d'une action antirachitique.

Les faibles quantités de lécithine qui sont ajoutées au chocolat ne peuvent pas intervenir pour accroître son action antirachitique; il faudrait pratiquement une dose environ 10 fois plus forte pour obtenir uniquement par celle-ci une calcification normale.

CHAPITRE VII

INFLUENCE DE QUELQUES PRÉPARATIONS CHOCOLATÉES SUR LE MÉTABOLISME DE BASE

L'influence de l'ingestion de quelques hexoses, glucose, galactose et lévulose, ayant été déterminée récemment par notre camarade JOLY (37), nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier comparativement et dans les mêmes conditions l'influence de l'ingestion de quelques préparations chocolatées.

Nous nous sommes arrêtés, un peu arbitrairement sans doute, à 4 types assez différents :

Un chocolat à cuire de bonne qualité (chocolat J); un chocolat au lait, riche en beurre (M); un chocolat autoclavé pour en favoriser la digestibilité et l'assimilabilité (Y); et un produit chocolaté dont nous avons eu l'occasion de constater la haute valeur alimentaire, le bon équilibre et la richesse en vitamines des constituants (Produit O).

La composition de ces diverses préparations J, M, Y et O, a été donnée dans le chapitre précédent; nous ne croyons donc pas utile de la rappeler ici. Nous avons vu que les compositions centésimales des chocolats J et Y sont très voisines l'une de l'autre; elles ne diffèrent entre elles que par les traitements apportés au cours de leur fabrication.

L'appareillage mis en œuvre était très simple : un masque et un gazomètre de Tissot, l'eudiomètre perfectionné de PLANTEFOL étant utilisé pour l'analyse des gaz expirés. La technique d'expérimentation étant celle qui est couramment utilisée dans les essais de l'hôpital de Saint-Germain-en-Laye, et ayant été décrite avec détail par JOLY, nous ne nous y attarderons pas.

Des sujets adultes, jeunes, en bon état de santé, et convenablement reposés ont reçu le matin à jeun 45 gr. de l'un ou de l'autre des chocolats délayés la veille dans 150 gr. d'eau tiédie et refroidie ultérieurement, par conséquent à la température du laboratoire. Les produits de la respiration étaient recueillis pendant six minutes;

avant l'ingestion, puis une demi-heure, une heure, deux heures, trois heures et quatre heures après.

Les tableaux et graphiques ci-après fournissent le détail de nos diverses opérations.

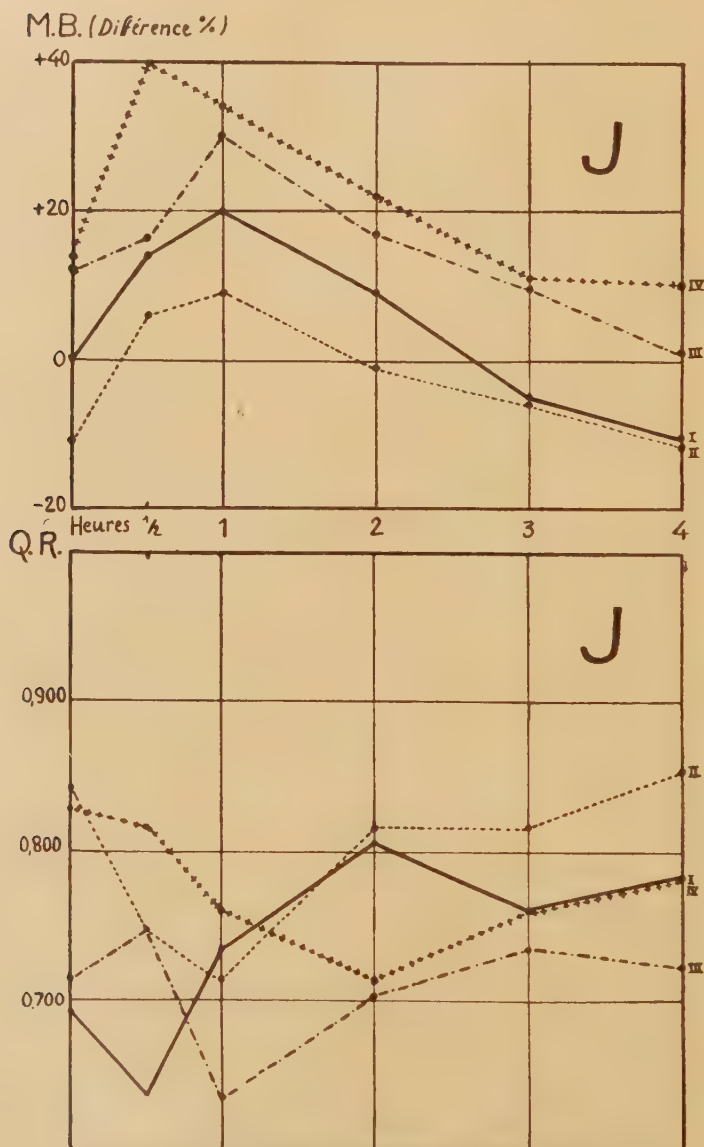


FIG. 27. Variations des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. de chocolat J (4 expériences).

TABLEAU XVIII

Variation des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. de chocolat J. dissous dans 150 gr. d'eau.

Sujet	I.	Poids: 54,5 kg.	Taille: 1,63 m.	Surface: 1,67 m ²
»	II.	» 60,5 »	» 1,64 »	» 1,66 »
»	III.	» 56,3 »	» 1,51 »	» 1,53 »
»	IV.	» 40,7 »	» 1,54 »	» 1,34 »

Sujet I

	Température	Pression en mm. de Hg.	Débit en lit.-heure	Co ² rejeté cc. %	O ² rejeté cc. %	O ² utilisé cc. %	Q.R. apparent	Q.R. réel	Valeur calorique de O ₂	Métabolisme basal	Variations %
Avant	17°	764	299	3,10	16,75	4,15	0,74	0,692	4,67	37,0	0
1/2 h. après	17°	764	287	3,47	15,93	4,97	0,69	0,638	4,61	42,5	+14%
1 h. »	18°	764	342	3,43	16,51	4,39	0,78	0,734	4,71	44,3	+20%
2 h. »	20°	764	332	3,50	16,76	4,14	0,84	0,806	4,80	40,3	+9%
3 h. »	21°	764	269	3,60	16,40	4,50	0,80	0,760	4,75	35,8	—5%
4 h. »	23°	764	274	3,45	15,72	5,18	0,82	0,783	4,78	33,1	—10%

Sujet II

Avant	14°	770	322	3,09	17,38	3,52	0,87	0,841	4,85	32,8	—11%
1/2 h. après	15°	770	348	3,14	16,95	3,95	0,79	0,747	4,73	39,3	+6%
1 h. »	17°	770	364	3,00	16,96	3,94	0,76	0,714	4,69	40,4	+9%
2 h. »	18°	770	348	3,19	17,18	3,72	0,85	0,816	4,81	36,7	—1%
3 h. »	18°	770	347	3,02	17,37	3,53	0,85	0,816	4,81	34,6	—6%
4 h. »	18°	770	341	2,99	17,53	3,37	0,88	0,851	4,86	32,6	—12%

Sujet III

Avant	15°	766	357	2,83	17,20	3,70	0,76	0,714	4,69	41,66	+12%
1/2 h. après	16°	766	380	2,94	17,20	3,70	0,79	0,747	4,73	43,19	+16%
1 h. »	17°	766	420	2,6	17,15	3,75	0,69	0,635	4,61	48,18	+30%
2 h. »	20°	766	375	2,9	17,05	3,85	0,75	0,703	4,68	43,38	+17%
3 h. »	23°	766	374	2,86	17,24	3,66	0,78	0,734	4,71	40,52	+9%
4 h. »	22°	766	377	2,57	17,68	3,22	0,77	0,723	4,70	37,41	+1%

Sujet IV

Avant	18°	763	255	3,35	17,01	3,89	0,86	0,828	4,83	43,2	+14%
1/2 h. après	18°	763	356	3,60	16,69	4,21	0,85	0,816	4,81	53,3	+40%
1 h. »	19°	763	367	3,30	16,81	4,09	0,80	0,76	4,75	51,8	+36%
2 h. »	19°	763	295	3,50	16,34	4,56	0,76	0,714	4,69	46,5	+22%
3 h. »	20°	763	310	3,20	16,90	4,00	0,80	0,760	4,75	42,2	+11%
4 h. »	22°	763	320	3,17	16,93	3,97	0,82	0,783	4,78	41,8	+10%

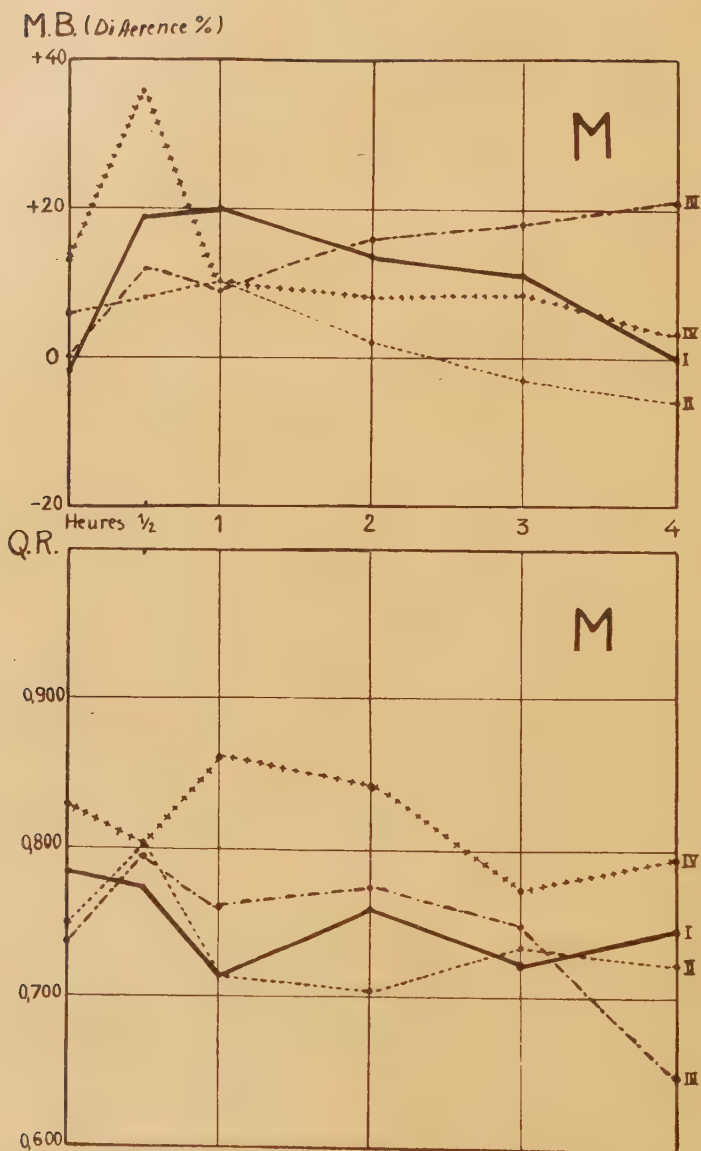


FIG. 28. — Variations des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. de chocolat (4 expériences).

TABLEAU XIX

Variation des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. de chocolat M dissous dans 150 gr. d'eau.

Sujet I.	Poids: 55,5 kg.	Taille: 1,63 m.	Surface: 1,57 m ²
» II.	» 61. »	» 1,53 »	» 1,56 »
» III.	» 56,3 »	» 1,51 »	» 1,53 »
» IV.	» 40,7 »	» 1,54 »	» 1,34 »

Sujet I

	Température	Pression en mm. de Hg.	Débit en lit.-heure	Co ² rejeté cc. %	O ² rejeté cc. %	O ² utilisé cc. %	Q.R. apparent	Q.R. réel	Valeur calorique de O ²	Métabolisme basal	Variations %
Avant	20°	763	352	2,90	17,40	3,50	0,82	0,783	4,78	36,2	— 2%
1/2 h. après	20°	763	376	3,28	16,84	4,03	0,81	0,773	4,76	44,2	+19%
1 h. »	21°	763	391	2,99	17,01	3,89	0,76	0,714	4,69	44,5	+20%
2 h. »	22°	763	362	3,22	16,89	4,01	0,80	0,76	4,75	42	+13%
3 h. »	22°	763	365	3,00	17,05	3,85	0,77	0,723	4,70	41	+11%
4 h. »	21°	763	358	2,83	17,37	3,53	0,79	0,747	4,73	37,1	0

Sujet II

Avant	14°	764	312	3,30	16,74	4,15	0,79	0,747	4,73	39,4	+ 6%
1/2 h. après	15°	764	288	3,90	16,30	4,60	0,84	0,806	4,80	42	+ 8%
1 h. »	16°	764	288	3,60	16,20	4,70	0,76	0,714	4,69	40,8	+10%
2 h. »	19°	764	261	3,70	16,00	4,9	0,75	0,703	4,68	37,9	+ 2%
3 h. »	19°	764	296	3,20	16,8	4,1	0,78	0,734	4,71	35,9	— 3%
4 h. »	20°	764	260	3,48	16,39	4,51	0,77	0,723	4,70	34,5	— 6%

Sujet III

Avant	15°	765	364	2,58	17,6	3,30	0,78	0,734	4,71	36,9	0
1/2 h. après	18°	765	392	2,90	17,42	3,48	0,83	0,794	4,79	41,5	+12%
1 h. »	19°	765	409	2,60	17,66	3,24	0,80	0,760	4,75	43,0	+ 9%
2 h. »	21°	765	420	2,85	17,40	3,50	0,81	0,773	4,76	42,9	+16%
3 h. »	19°	765	410	2,77	17,40	3,50	0,79	0,747	4,73	43,6	+18%
4 h. »	19°	765	378	2,74	17,00	3,90	0,70	0,648	4,62	44,8	+21%

Sujet IV

Avant	16°	766	304	3,50	16,85	4,05	0,86	0,828	4,83	43,0	+13%
1/2 h. après	16°	766	270	3,75	16,45	4,45	0,84	0,806	4,80	52,0	+36%
1 h. »	17°	766	283	3,80	16,65	4,25	0,89	0,860	4,88	42,2	+10%
2 h. »	18°	766	258	4,00	16,33	4,57	0,87	0,841	4,85	41,0	+ 8%
3 h. »	19°	766	255	3,80	16,22	4,68	0,81	0,773	4,76	41,0	+ 8%
4 h. »	21°	766	287	3,34	16,90	4,00	0,83	0,794	4,79	38,9	+ 3%

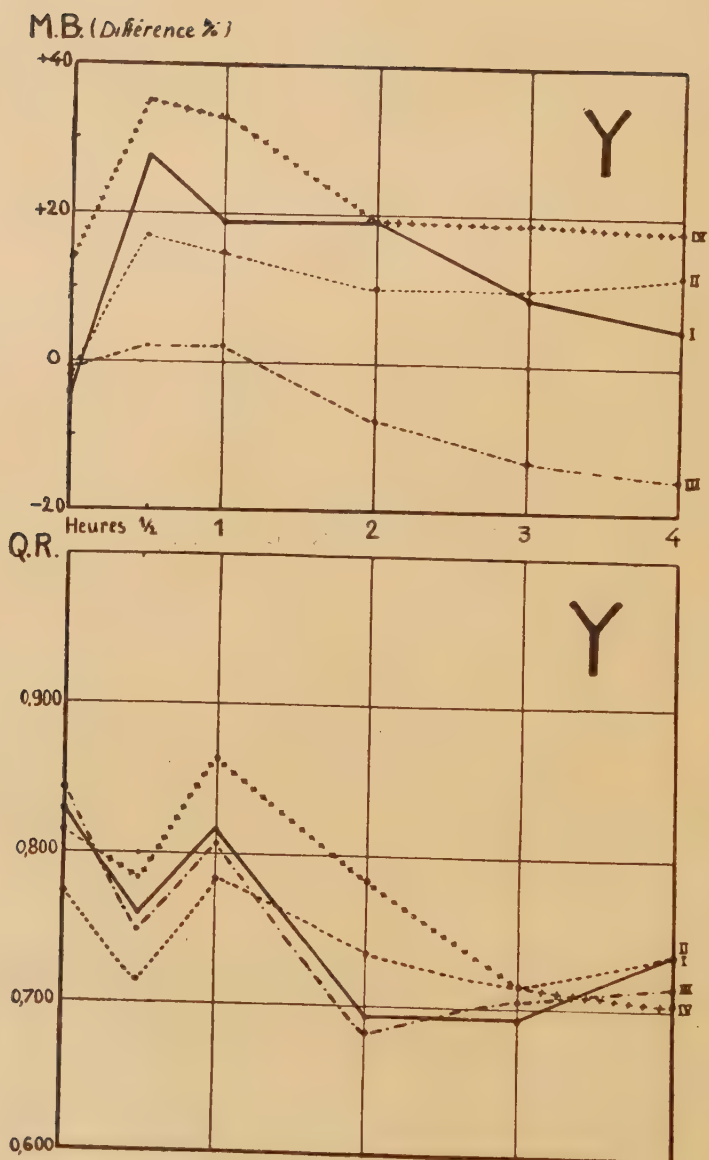


FIG. 29. — Variations des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. de chocolat Y (4 expériences).

TABLEAU XX

Variation des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. de chocolat Y dissous dans 150 gr. d'eau.

Sujet I.	Poids: 54,5 kg.	Taille: 1,63 m.	Surface: 1,57 m ²
» II.	» 60,5 »	» 1,62 »	» 1,66 »
» III.	» 59,0 »	» 1,53 »	» 1,54 »
» IV.	» 47,0 »	» 1,54 »	» 1,34 »

Sujet I

	Température	Pression en mm. de Hg.	Débit en lit.-heure	Co ₂ rejeté cc. %	O ₂ rejeté cc. %	O ₂ utilisé cc. %	Q.R. apparent	Q.R. réel	Valeur calorique de O ₂	Métabolisme basal	Variations %
Avant	15°	769	326	3,10	17,30	3,60	0,86	0,828	4,83	35,5	— 4 %
1/2 h. après	15°	769	400	3,16	16,99	3,91	0,80	0,760	4,75	47,4	+28 %
1 h. »	16°	769	376	3,32	17,00	3,90	0,85	0,816	4,81	44,0	+19 %
2 h. »	17°	769	327	3,35	16,40	4,50	0,74	0,692	4,67	44,0	+19 %
3 h. »	18°	769	315	3,20	16,60	4,30	0,74	0,692	4,67	40,3	+ 9 %
4 h. »	18°	769	311	3,30	16,70	4,20	0,78	0,734	4,71	39,9	+ 5 %

Sujet II

Avant	15°	768	357	2,90	17,35	3,55	0,81	0,773	4,76	36,1	— 2 %
1/2 h. après	15°	768	349	3,35	16,53	4,37	0,76	0,714	4,69	43,30	+17 %
1 h. »	16°	768	358	3,45	16,70	4,20	0,82	0,783	4,78	42,5	+15 %
2 h. »	16°	768	348	3,24	16,76	4,14	0,78	0,734	4,71	40,8	+10 %
3 h. »	17°	768	342	3,23	16,67	4,23	0,76	0,714	4,69	40,8	+10 %
4 h. »	18°	768	367	3,15	16,90	4,00	0,78	0,734	4,71	41,5	+12 %

Sujet III

Avant	21°	769	295	3,62	16,74	4,16	0,87	0,841	4,85	36,6	— 1 %
1/2 h. après	21°	769	264	3,80	16,10	4,80	0,79	0,747	4,73	37,8	+ 2 %
1 h. »	21°	769	294	3,64	16,61	4,39	0,84	0,806	4,80	37,9	+ 2 %
2 h. »	21°	769	217	3,87	15,63	5,37	0,73	0,681	4,66	34,2	— 7 %
3 h. »	22°	769	240	3,40	16,40	4,50	0,75	0,703	4,68	32,2	—13 %
4 h. »	23°	769	220	3,70	16,04	4,86	0,76	0,714	4,69	31,5	—15 %

Sujet IV

Avant	19°	762	314	3,32	17,00	3,90	0,85	0,816	4,81	43,2	+14 %
1/2 h. après	19°	762	352	3,50	16,68	4,22	0,82	0,783	4,78	51,5	+35 %
1 h. »	19°	762	367	3,57	16,93	3,97	0,89	0,864	4,88	50,7	+33 %
2 h. »	21°	762	320	3,40	16,80	4,10	0,82	0,783	4,78	45,1	+19 %
3 h. »	22°	762	315	3,24	16,66	4,24	0,76	0,714	4,69	45,3	+19 %
4 h. »	24°	763	306	3,30	16,50	4,40	0,75	0,703	4,68	44,9	+18 %

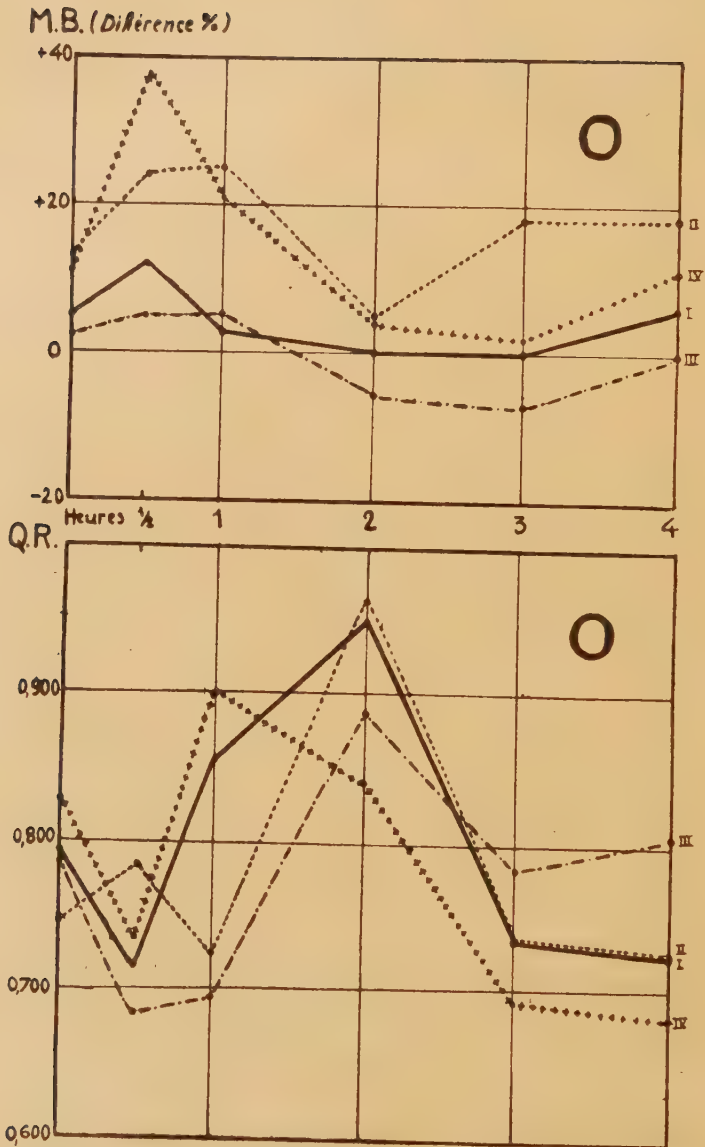


FIG. 30. — Variations des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. du produit O (4 expériences).

TABLEAU XXI

Variation des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. du produit O dissous dans 150 gr. d'eau.

Sujet I.	Poids: 58,5 kg.	Taille: 1,63 m.	Surface: 1,63 m ²
» II.	» 54,4 »	» 1,58 »	» 1,55 »
» III.	» 56,3 »	» 1,51 »	» 1,53 »
» IV.	» 40,7 »	» 1,54 »	» 1,34 »

Sujet I

	Température	Pression en mm. de Hg.	Débit en lit.-heure.	Co ² rejeté cc. %	O ² rejeté cc. %	O ² utilisé cc. %	Q.R. apparent	Q.R. réel	Valeur calorique de O ₂	Métabolisme basal	Variations %
Avant	21°	760	364	3,18	17,07	3,83	0,83	0,794	4,79	38,8	+ 5%
1/2 h. après	22°	760	393	2,92	16,98	3,92	0,76	0,714	4,60	41,7	+12%
1 h. »	23°	760	392	3,10	17,37	3,53	0,88	0,851	4,36	38,2	+ 3%
2 h. »	25°	760	411	3,15	17,64	3,26	0,92	0,949	4,97	36,9	0
3 h. »	25°	760	346	3,08	16,95	3,95	0,78	0,734	4,71	57,2	0
4 h. »	25°	760	365	2,99	17,03	3,87	0,77	0,723	4,70	39,5	+ 6%

Sujet II

Avant	17°	750	361	3,40	16,61	4,29	0,79	0,747	4,73	41,9	+13%
1/2 h. après	17°	750	365	3,51	16,64	4,26	0,82	0,783	4,78	45,9	+24%
1 h. »	17°	750	365	3,33	16,62	4,28	0,77	0,723	4,70	46,4	+25%
2 h. »	17°	750	379	3,37	17,43	3,47	0,97	0,962	5,00	39,0	+ 5%
3 h. »	19°	750	385	3,04	16,98	3,92	0,78	0,734	4,71	43,7	+18%
4 h. »	20°	750	387	3,01	17,02	3,88	0,77	0,723	4,70	43,9	+18%

Sujet III

Avant	22°	760	305	3,46	16,69	4,21	0,82	0,783	4,78	37,0	+ 2%
1/2 h. après	22°	760	323	3,03	16,75	4,15	0,73	0,681	4,60	39,0	+ 5%
1 h. »	22°	760	324	3,03	16,82	4,08	0,74	0,692	4,67	39,0	+ 5%
2 h. »	23°	760	327	3,28	17,32	3,58	0,91	0,888	4,90	34,7	— 6%
3 h. »	23°	760	324	2,95	17,31	3,59	0,82	0,783	4,78	34,2	— 7%
4 h. »	23°	760	320	3,30	16,98	3,92	0,84	0,806	4,80	36,9	0

Sujet IV

Avant	19°	767	314	3,35	17,03	3,87	0,86	0,828	4,83	42,2	+11%
1/2 h. après	20°	767	362	3,30	16,70	4,20	0,78	0,734	4,71	52,6	+38%
1 h. »	21°	767	357	3,45	17,15	3,75	0,98	0,900	4,92	46,1	+21%
2 h. »	24°	767	295	3,43	16,97	4,93	0,87	0,841	4,85	39,5	+ 4%
3 h. »	25°	767	272	3,20	16,60	4,30	0,74	0,692	4,67	38,8	+ 2%
4 h. »	27°	767	306	3,10	16,70	4,20	0,73	0,681	4,60	42,1	+11%

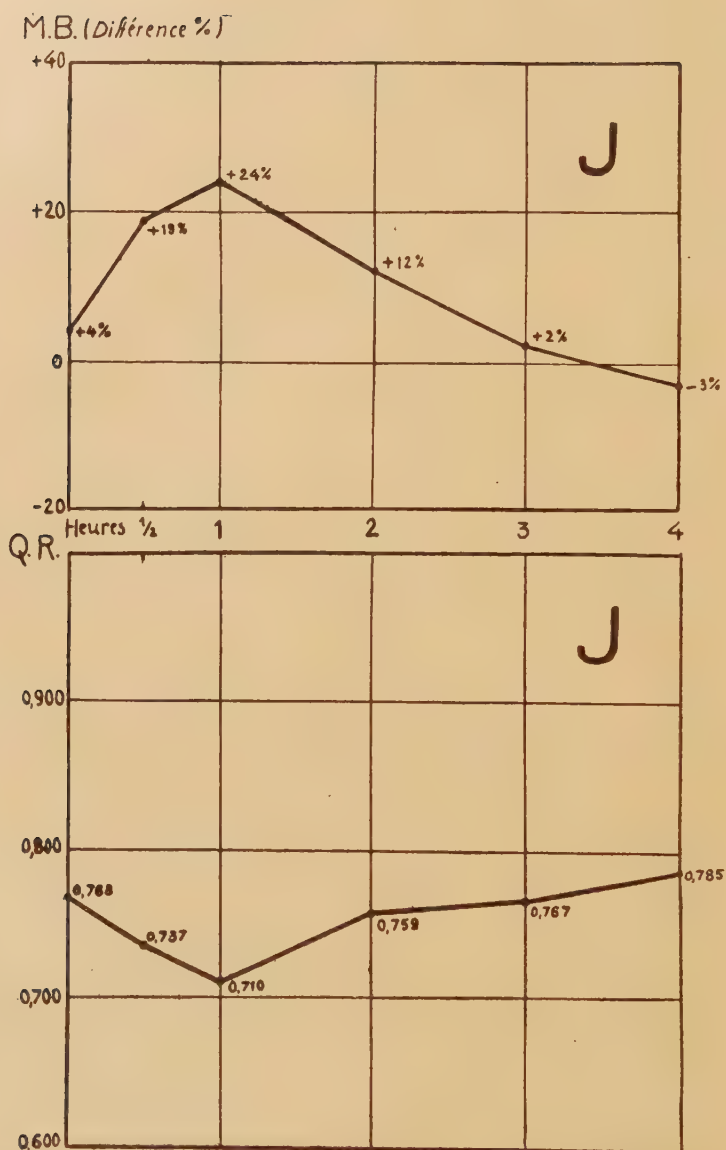


FIG. 31. — Variations des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. de chocolat J (moyennes).

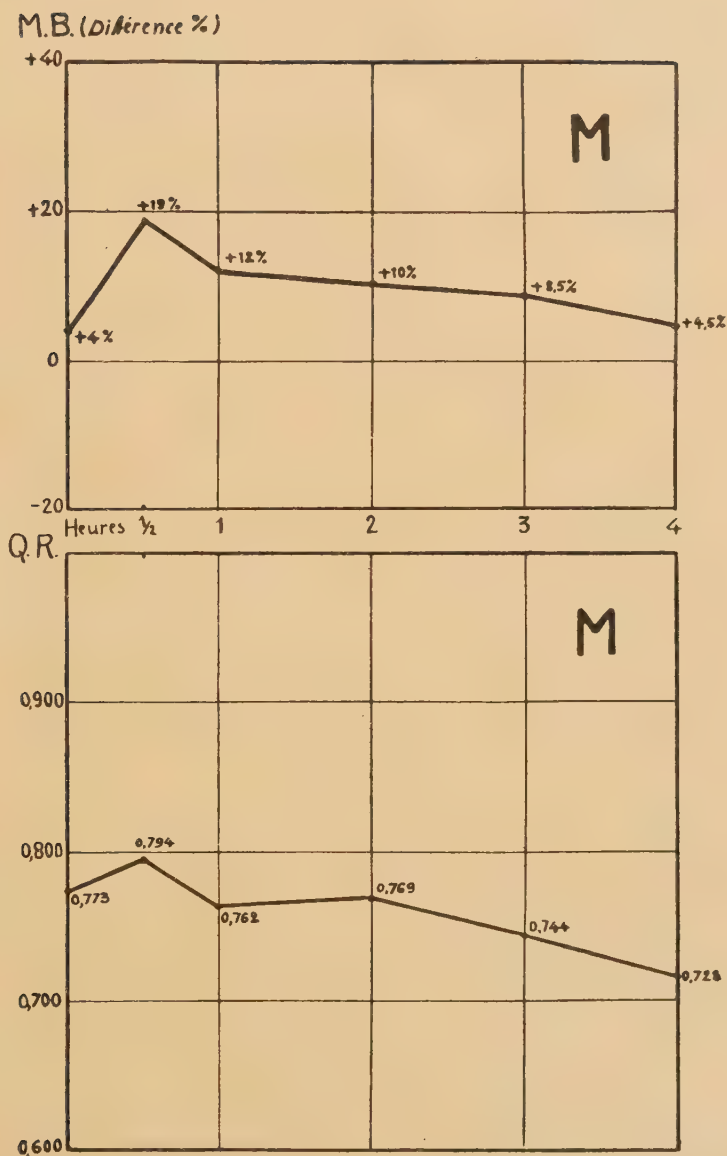


FIG. 32. — Variations des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. de chocolat M (moyennes).

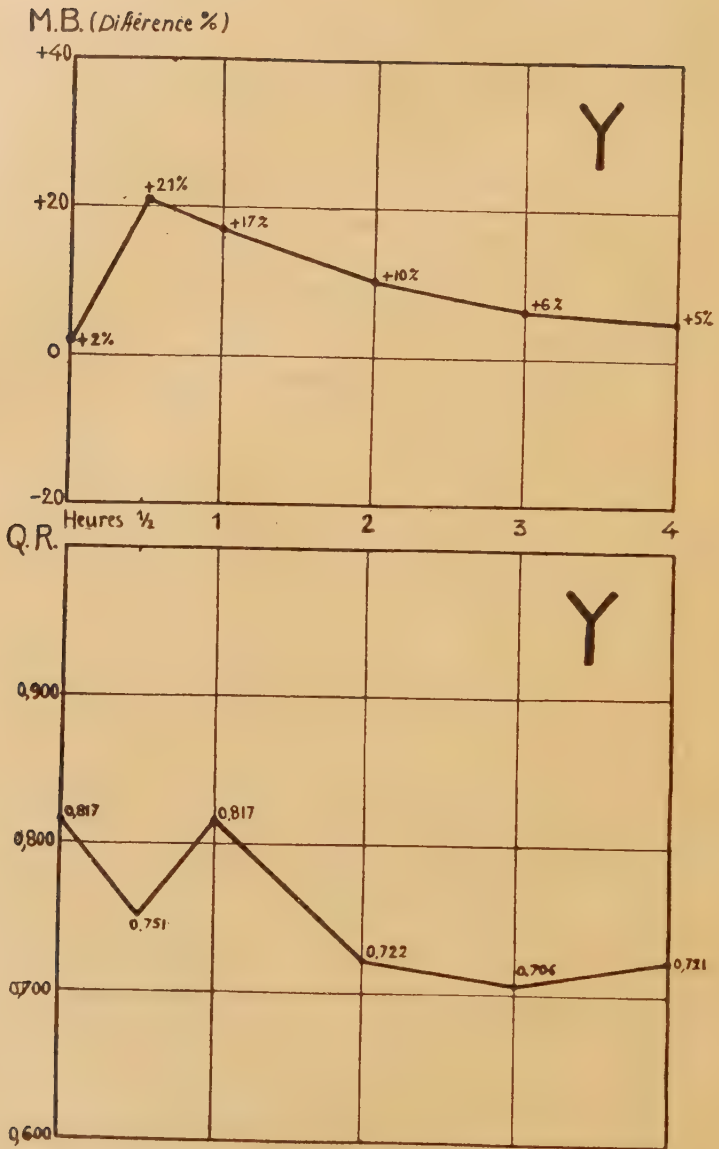
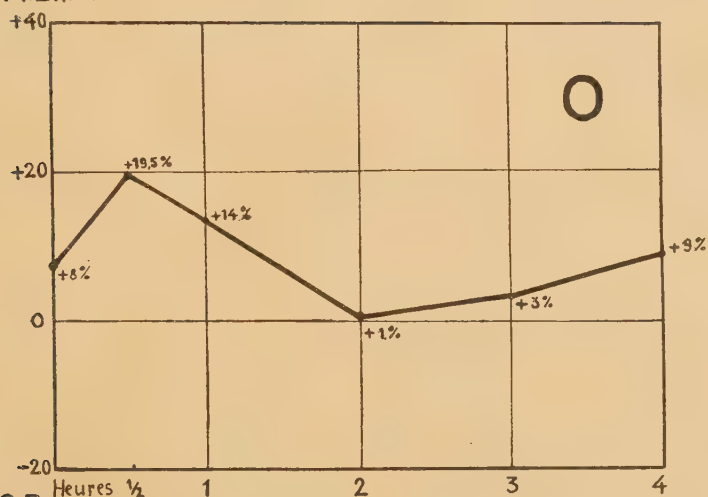


FIG. 33. — Variations des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. de chocolat Y (moyennes).

M.B. (Différence %)



Q.R.

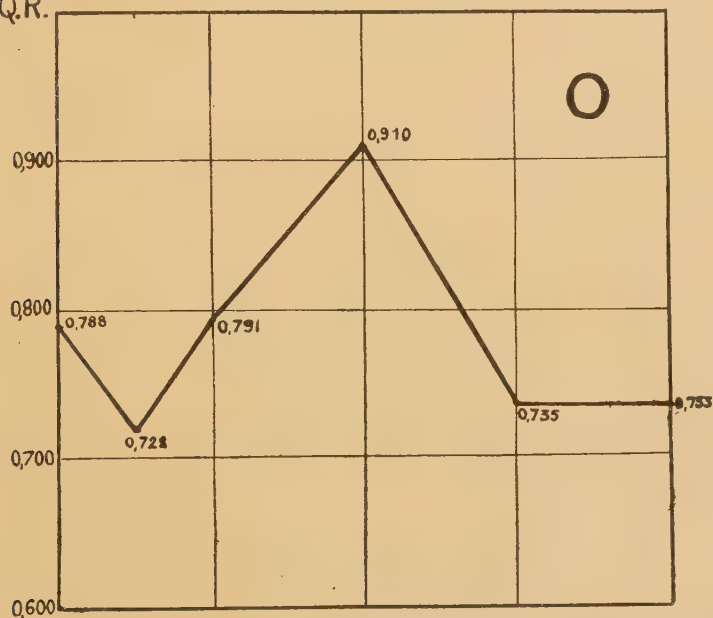


FIG. 34. — Variations des échanges respiratoires, chez l'homme, après ingestion de 45 gr. du produit O (moyennes).

Dans l'ensemble, tous les produits entraînent une élévation du métabolisme de base, assez rapide au cours de la première demi-heure, et qui peut exceptionnellement s'étendre sur la première heure (cas du chocolat J). Ultérieurement, le métabolisme décroît plus ou moins rapidement.

Ces courbes ont moins d'amplitude que celles qui sont observées après ingestion de glucose, et, sauf dans le cas du produit O, plus d'amplitude que celles qui sont obtenues après ingestion de lévulose.

La poudre de lait ne semble, de son côté, pas avoir introduit un élément de trouble important, ce qui est en faveur des observations de LECOQ et JOLY (66), lesquels considèrent les différents facteurs énergétiques : glucides, protides et lipides comme équivalents.

Par contre, l'influence de l'autoclavage qui entraîne la gélification de l'amidon et l'insolubilisation de certains éléments nocifs pour le foie (chocolat Y) se traduit par une courbe très particulière du quotient respiratoire avec pointe au bout de la première heure, traduisant vraisemblablement une meilleure utilisation des principes ingérés.

Cet accroissement du quotient respiratoire au bout de la première heure s'observe encore avec le produit O; mais il se poursuit habituellement et s'accroît au cours de la seconde heure.

Des courbes semblables ayant été obtenues par addition de levure au glucose (37), nous croyons que c'est à la préparation du produit, maltage le rendant très assimilable, et aussi à sa richesse en vitamines, que nous devons cet accroissement très typique du quotient respiratoire. Des recherches poursuivies sur des athlètes, par BELLIN DU COTTEAU, CHAUVIRÉ et BERGERON (5) ont d'ailleurs montré que ce produit favorisait et soutenait l'effort sportif.

Ces quelques résultats montrent l'intérêt de l'étude des échanges respiratoires dans l'appréciation de la valeur alimentaire des aliments.

La connaissance des éléments constitutifs n'apporte par elle-même que peu d'enseignements, l'analyse biologique se montre très supérieure, mais elle est utilement complétée par l'étude du quotient respiratoire et du métabolisme qui permet d'apprécier les qualités de combustion.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le chocolat jouit d'une double propriété, gustative d'une part, alimentaire de l'autre.

La qualité gustative du chocolat est sous la dépendance de l'origine du cacao qui entre dans sa composition, et dans les techniques de fabrication mises en œuvre.

La saveur propre du cacao est fonction de la fermentation et de la torréfaction. On peut se demander s'il n'y aurait pas avantage à supprimer la première de ces deux opérations, et à la remplacer par la stabilisation comme le préconise le Professeur Em. PERROT. Une connaissance chimique des modifications survenues au cours de ces opérations permet de mieux comprendre les processus qui aboutissent à la production de l'arome propre à chaque cacao.

L'étude chimique des graines stabilisées nous a permis de constater la présence de saccharose et l'absence de glucosides dédoublables par l'émulsine ou par la rhamnodiastase.

On note au cours des actions fermentaires de la fermentation une disparition plus ou moins complète du saccharose, une diminution des tanins solubles et une transformation du pourpre de cacao, substance qui semble appartenir au groupe des flavonols et des anthocyanols. La stabilisation permettant de conserver la composition de la plante fraîche n'entraîne aucune de ces modifications.

La torréfaction accroît la disparition du saccharose et des tanins solubles. Il semble que la fermentation ne soit pas indispensable, puisqu'elle fait intervenir des ferments dont on ne peut pas toujours contrôler l'activité et fournit un produit très irrégulier. L'arome du cacao stabilisé torréfié apparaît d'ailleurs supérieur, comme certaines expériences faites en 1913-14 par le Professeur PERROT avec Henri MÉNIER, l'ont démontré.

L'autoclavage, superposant son action à celle de la torréfaction, entraîne, parallèlement à la gélification de l'amidon, une diminution des sucres et des tanins solubles.

À l'heure actuelle, la stabilisation n'est pas encore entrée dans la pratique chocolatière.

La composition chimique des chocolats variant avec le goût des acheteurs et les conditions économiques du marché, nous avons cru intéressant de procéder à une série d'analyses de chocolat des différents types, et nous avons été amené à compléter les méthodes usuelles par une technique particulière de dosage des sucres réducteurs.

Des résultats obtenus, il ressort que nous n'avons pas trouvé de grands changements avec les types décrits antérieurement par LECOQ, malgré l'introduction récente de lécithine du soja, considérée comme licite, et ayant pour but de donner plus de fondant aux pâtes de chocolat.

Envisagés au point de vue alimentaire, les chocolats purs, c'est-à-dire constitués uniquement de pâte de cacao et de sucre, surbeurrés ou non, se montrent incapables d'entretenir très longtemps la survie des pigeons et des rats. Les pigeons meurent le plus souvent en crises polynévritiques, et les rats en présentant de l'œdème des pattes postérieures.

L'addition de poudre de lait augmente très nettement la valeur alimentaire des chocolats, mais le surbeurrage agit comme facteur limitatif de la croissance.

L'analyse biologique a montré au moyen d'additions opportunes que les chocolats manquent, pour constituer des aliments complets, de matières azotées, de vitamines B et de vitamines liposolubles.

La présence de lécithine du soja dans la pâte ne paraît conférer au chocolat aucune propriété alimentaire favorable ou défavorable. Elle peut cependant intervenir pour renforcer l'action antirachitique du chocolat, qui est répartie approximativement pour $\frac{3}{4}$ dans la partie débeurrée et pour $\frac{1}{4}$ dans le beurre (présence de théostérols irradiés signalés par H. LABBÉ et HEIM DE BALSAC).

L'action sur le métabolisme de base des différentes préparations chocolatées a été également expérimentée. Elle a montré l'importance de certains traitements industriels (autoclavage, maltage) entraînant une meilleure assimilation intestinale des glucides.

L'élévation du quotient respiratoire observée dans ce cas, accrue par la présence des vitamines, est en faveur d'une meilleure utilisation par l'organisme des éléments ingérés.

Vu: Le Doyen:
Paul GUÉRIN.

Vu: Le Président de la Thèse:
EM. PERROT.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris.
CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

1. — ADAM (W. B.). — Determination of the colour producing constituents of the cacao bean. *Analyst*, 1928, 53, p. 369.
2. — ADAM (W. B.), HARDY (F.) et NIERENSTEIN (M.). — Catechin of the cacao bean. *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 1931, 53, p. 728.
3. — ALLINNE (M.). — Comment doser les sucres réducteurs des chocolats ? *Journ. Pharm. et Chim.*, 1935, (8), 22, p. 456.
4. — ASHBY (S. F.). — Sweetings of cacao. *Tropical Agric., Trinidad*, 1925, 2, p. 99.
5. — BELLIN DU COTEAU (M.), CHAUVIRÉ (M.) et BERGERON (M.). — *Préparation au sport, conseils d'entraînement*. Paris, 1929.
6. — BERTRAND (G.) et THOMAS (P.). — *Guide pour les manipulations de chimie biologique*. Paris, 1910.
7. — BLEGNY (Nicolas DE). — *Le bon usage du thé, du café et du chocolat pour la préservation des maladies*. Paris, 1687, p. 283.
8. — BORDAS (F.) et TOUPLAIN (F.). — Méthodes générales de recherches des falsifications dans les cacaos et les chocolats. *Ann. Falsif. et Fraudes*, 1908, 1, p. 12.
9. — BOURQUELOT (Em.). — Recherches, dans les végétaux, du sucre de canne à l'aide de l'invertine et des glucosides à l'aide de l'émulsine. *C. R. Ac. Sc.*, 1901, 133, p. 690. *Journ. Pharm. et Chim.*, 1901, (6), 14, p. 481.
10. — BOURQUELOT (Em.). — Sur l'emploi des enzymes comme réactifs dans les recherches de laboratoires. Enzymes hydratantes. Hydratases. *Journ. Pharm. et Chim.*, 1907, (6), 25, p. 16.
11. — BRILLAT-SAVARIN. — *Physiologie du goût*. Paris, 1876, p. 117.

12. — BUSSE (W.), HENNEBERG (W.) et ZELLER (T.). — Neue Untersuchungen und Versuche über die Fermentation des Kakaos. *Beiheft zum Tropenpflanzer*, 1929, 32, 87 pp.
13. — CHEVRIER. — *Testament politique du maréchal duc de Belle-Isle*. Amsterdam, 1761, p. 63.
14. — CIFERRI (R.). — Studies on cacao. *Journ. of Dep. of Agric. of Puerto-Rico*, 1931, 15, p. 223.
15. — CODEX MEDICAMENTARIUS SEU PHARMACOPOEA PARISIENSIS, ed. J.-B. Boyer Parisii, apud P.G. Cave-lier, 1758, p. 47.
16. — DENIS (F.). — *La légende du cacahualt*, in MANGIN (A.), *Le cacao et le chocolat*. Paris, 1860, p. 308.
17. — ECKMANN (C.), cité par KNAPP (W. B.). — Scientific aspect of the cacao fermentation. *Bull. of the imp. Inst.*, 1935, 33, p. 147.
18. — EMPLOI DES LÉCITHINES EN CHOCOLATERIE. — *Ann. Falsif. et Fraudes*, 1932, 25, p. 515.
19. — FINCKE (H.). — *Handbuch der Cacaoerzeugnisse*, Berlin, 1926.
20. — FICHTENHOLZ (A.). — Application de la méthode biochimique à l'analyse de la busserole. *Journ. Pharm. et Chim.*, 1911, (7), 14, p. 441.
21. — FOLIN (O.) et WU (H.). — A system of blood analysis. *Journ. of biol. Chem.*, 1919, 38, p. 81.
22. — FOUR DE LA CRESPELLIÈRE (DU), cité par LE MAY (D^r P.). — Le chocolat médicament. *Rev. d'Hist. de la Pharm.*, 1930, 1, p. 183.
23. — FREUDENBERG (K.), COX (R.) et BRAUN (E.). — Catechin of the cacao bean. *Journ. amer. chem. Soc.*, 1932, 54, p. 140.
24. — FREUDENBERG (K.), FIKENTSCHER (H.), HARDER (M.) et SCHMITT (O.). — Die Umwandlung des Cyani-dins in Catechin. *Annalen*, 1925, 444, p. 144.
25. — FREUDENBERG (K.) et OEHLER (L.). — Die Catechine der Kolanuss. *Annalen*, 1930, 483, p. 140.
26. — GAGE (Th.). — *A new Survey of the West Indias*. London, 1640, p. 102.

27. — GORIS (A.) et FLUTEAUX (G.). — Etat actuel de nos connaissances sur les plantes renfermant de la caféine. *Bull. Sc. Pharmacol.*, 1910, 17, p. 599.
28. — GORIS (A.). — Sur un nouveau principe cristallisé de la kola fraîche. *C. R. Ac. Sc.*, 1907, 144, p. 1162.
29. — HARDY (F.). — Cacao fermentation. *Tropical Agr., Trinidad*, 1926, 3, p. 232.
30. — HARRISSON et JENMAN, cités par LECOQ (R.). — *Cacao, poudres de cacao et farines composées alimentaires*. Paris, 1926, p. 42.
31. — HEIDUSCHKA (A.) et BIENERT (B.). — Beitrag zur Kenntnis des Kakaorotes. *Journ. Prakt. Chem.*, 1927, 117, p. 262 et 1928, 118, p. 199.
32. — HERISSEY (H.). — Recherches sur l'émulsine. *Thèse Doct. Univ. (Pharm.)*, Paris 1899.
33. — HILGER (A.). — Zur chemischen Charakteristik der Bestandteile der Kakaobohnen. *Apoth. Zeit.*, 1892, 7, p. 469.
34. — HISTORICUS. — *Cocoa, all about it*. London, 1896.
35. — JAVILLIER (M.) et DJELATIDÈS (D.). — Méthode de microdosage volumétrique du phosphore et son application à l'analyse biologique. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1928, 10, p. 342.
36. — JENSEN (H. R.). — Cacao tannin and its determination. *Analyst*, 1928, 53, p. 365.
37. — JOLY (J. M.). — Influence de l'ingestion de quelques hexoses (glucose, galactose, lévulose) sur le quotient respiratoire et le métabolisme de base, en l'absence et en présence de vitamines B. *Thèse Doct. Univ. (Pharm.)*, Paris, 1937.
38. — KNAPP (A. W.). — Scientific aspect of the cacao fermentation. *Bull. of the imp. Inst.*, 1935, 33, p. 31, 147, 306, 493 et 1936, 34, p. 154 et 307.
39. — KNAPP (A. W.) et COWARD (K. H.). — The effect of the fermenting and drying of cacao on the vitamine D potency of cacao shell. *Biochem Journ.*, 1935, 29, p. 2728.
40. — KNAPP (A. W.) et WADSWORTH (R. W.). — The distribution of the theobromine during the fermentation of cacao. *Journ. Soc. Chem. Ind.*, 1934, 43, p. 124 T.

41. — KON (St. K.) et HENRY (K. M.). — The effect of feeding cacao shell to cows on the vitamine D content of butter (milk). *Biochem. Journ.*, 1935, 29, p. 2051.
42. — LAIBÉ (H.), HEIM DE BALSAC (F.) et LERAT (R.). — Propriétés des théostérols de la fève de cacao. *Bull. Soc. Thérap.*, 1930, 35, p. 71.
43. — LAUNOY (L.). — *Notions de pharmacodynamie. Leçons sur la toxicité*. Paris, 1935, p. 231.
44. — LAET (J. DE). — *L'histoire du Nouveau Monde avec description des Indes occidentales*. Leyde, 1640, p. 238.
45. — LECOQ (R.). — Note sur la torréfaction du cacao. *Journ. Pharm. et Chim.*, 1922, (7), 26, p. 96.
46. — LECOQ (R.). — *Les maladies par carence*. Paris, 1922, p. 128.
47. — LECOQ (R.). — Carences multiples et avitaminoses. *Bull. Sc. pharmacol.*, 1923, 30, p. 17.
48. — LECOQ (R.). — Les sortes commerciales de cacao. *Bull. Sc. pharmacol.*, 1923, 30, p. 341.
49. — LECOQ (R.). — *L'histoire du chocolat*. Paris, 1934.
50. — LECOQ (R.). — *Cacao, poudres de cacao et farines composées alimentaires*. Paris, 1925.
51. — LECOQ (R.). — Histoire de l'industrie chocolatière. *La Nature*, 1926, 54, N° 2729, p. 60.
52. — LECOQ (R.). — Influence du chauffage des pâtes de de chocolats sur la caramélisation des sucres entrant dans leur composition. *Journ. Pharm. et Chim.*, 1930, (8), 11, p. 522.
53. — LECOQ (R.). — L'analyse des chocolats. I. Appréciation des constituants des chocolats purs, uniquement composés de cacao et de sucre et de beurre de cacao. *Journ. Pharm. et Chim.*, 1930, (8), 12, p. 101.
54. — LECOQ (R.). — L'analyse des chocolats. II. Les chocolats additionnés. *Journ. Pharm. et Chim.*, 1930, (8), 12, p. 149.
55. — LECOQ (R.). — Note sur la fabrication et l'analyse des chocolats. *Ann. Falsif. et Fraudes*, 1931, 24, p. 11 et 96.

56. — LECOQ (R.). — La valeur alimentaire de la mannite et de la sorbite, en rapport avec l'équilibre de la ration. *C. R. Ac. Sc.*, 1934, 199, p. 894.
58. — LECOQ (R.). — Production d'un déséquilibre alimentaire par introduction d'acide urique ou d'acide oxalique dans la ration du pigeon. *C. R. Soc. Biol.*, 1936, 123, p. 617.
59. — LECOQ (R.). — Le rôle des produits de désintégration du muscle dans la production de déséquilibres alimentaires et humoraux. *C. R. Soc. Biol.*, 1937, 124, p. 35.
60. — LECOQ (R.) et VILLUIS (F.). — Action de quelques composés phosphorés, minéraux et organiques, dans le traitement du rachitisme expérimental du rat blanc. *Pharmacie française*, 1933, 37, p. 2.
61. — LECOQ (R.) et VILETTE (H.). — Le rôle des groupes phosphoriques et phosphoreux et du métal dans l'activité des composés inorganiques du phosphore. *Bull. Doct. Pharm.* 1934, (2), 23, p. 12.
62. — LECOQ (R.) et GALLIER (R.). — Le phosphore est-il doué de propriété antirachitique ? *C. R. Soc. Biol.*, 1934, 116, p. 1383.
63. — LECOQ (R.) et BARBAN (M.-L.). — Modification de l'activité antirachitique de l'acide orthophosphorique par fixation de chaînes alcooliques, phénoliques et glucidiques. *Bull. Soc. Hyg. alim.*, 1935, 23, p. 121.
64. — LECOQ (R.) et ALLINNE (M.). — Production expérimentale d'oedème de nutrition au moyen d'un régime exclusif de chocolat. *Bull. Soc. Thérap.*, 1935, 23, p. 121.
65. — LECOQ (R.) et ALLINNE (M.). — L'excès des lipides dans la ration envisagé comme facteur limitatif de la croissance chez le rat. *Ann. Falsif. et Fraudes*, 1936, 29, p. 539.
66. — LECOQ (R.) et JOLY (J.-M.). — Influence des glucides, lipides et protides sur le quotient respiratoire et le métabolisme de base de l'homme au repos et en équilibre thermique. *C. R. Soc. Biol.*, 1936, 123, p. 680.

67. — LEFÈVRE-LEBEAU (Y.). — Modification de certains facteurs physiques du chocolat par incorporation de phosphatides. *Bull. off. Cacao*, 1934, 4, p. 333.
68. — LEPRINCE (M.) et LECOQ (R.). — Les coques de cacao dans l'alimentation des chevaux et du bétail. *Bull. Sc. pharmacol.*, 1917, 24, p. 338.
68. — LEPRINCE (M.) et LECOQ (R.). — *Guide pratique d'analyses et d'expertises chimiques usuelles*, 2^e édition. Paris, 1930, p. 8.
70. — LILIENFELD-TOAL (O. A. VON). — Ueber Kakaohefen, Ein Beitrag zur Kenntnis der Biologie der Kakaofermentation. *Beiheft zum Tropenpflanzer*, 1927, 24, N° 1, 48 pp.
71. — LISTER. — *Voyage à Paris en 1698*. Traduction française publiée par un groupe de bibliophiles français. Paris, 1873, p. 153.
72. — LUTZ (L.). — Trois nouveaux champignons d'Afrique occidentale. *Bull. Soc. botan. France*, 1906, 53, p. XLVIII.
73. — MASCRÉ (M.). — Les cellules à anthocyane des pétales d'*Anagallis*. *Bull. Soc. botan. France*, 1923, 70, p. 888.
74. — MEUNIER (A.). — *Les méthodes biochimiques de recherche des osides*. Lons-le-Saulnier, 1933, p. 35.
75. — MOREAU (R.). — *Du chocolat, discours curieux*. Paris, 1643, p. 16.
76. — PARIS (R.). — Action de diverses substances organiques volatiles sur quelques glucidases, *in vivo* et *in vitro*. *Thèse Doct. ès-Sciences*. Paris, 1935.
77. — PERROT (Em.). — Fermentation du cacao. *C. R. Ac. Sc.*, 1913, 156, p. 1935.
78. — PERROT (Em.). — Sur quelques points de l'histoire et de la préparation du cacao. *Bull. Sc. Pharmacol.*, 1913, 20, p. 157.
79. — PERROT (Em.). — La culture du cacaoyer en Afrique tropicale française. Son avenir. *Revue générale des Sciences*, 1915, 26, p. 219.

80. — PERROT (Em.). — *Culture industrielle du cacaoyer en Afrique. Guide pour le planteur*. Paris, 1915, p. 31 et 40.
81. — PERROT (Em.) et FAUCHÈRE (A.). — *Les grands produits végétaux des colonies françaises. Le cacao*. Paris, 1915, p. 156.
82. — PERROT (Em.) et GORIS (A.). — Sur la composition chimique de la noix de kola. *Bull. Sc. Pharmacol.*, 1907, 14, p. 576.
83. — PERROT (Em.) et GORIS (A.). — Essai d'une terminologie des corps désignés généralement sous le nom de « tanins ». *Bull. Sc. Pharmacol.*, 1909, 16, p. 189.
84. — PERROT (Em.) et LECOQ (R.). — Les farines composées alimentaires et la question des vitamines. *Bull. Sc. Pharmacol.*, 1921, 28, p. 177.
85. — RABATE (S.). — Contribution à l'étude chimique de la Gaultérie (*Gaulteria procumbens* L.). *Thèse Doct. Univ. (Pharm.)*, Paris, 1931.
86. — RANDOIN (L.) et LECOQ (R.). — Constitution d'un nouveau régime artificiel pour l'étude du rachitisme expérimental. *C. R. Soc. Biol.*, 1927, 97, p. 1277.
87. — RAUCH (J. F.). — *Disputatio medico dietetica de aere et esculentis, de necnon potu*. Vienna, 1624.
88. — REUTTER (L.). — Recherches chimiques sur la graine de cacaoyer. *C. R. Ac. Sc.*, 1913, 156, p. 1842.
89. — REWALD (B.) et CHRISTLICH (H.). — Phosphatidgehalt der Kakaobohnen. *Zeits. Unters. Lebens.*, 1931, 61, p. 520.
90. — RIDENOUR (W.). — Chemical examination of some commercial varieties of cacao. *Amer. Journ. of Pharm.*, 1895, 67, p. 207.
91. — ROTHEA (F.) et NIELLOUX (F.). — La lécithine végétale du soja. *Ann. Falsif. et Fraudes*, 1934, 27, p. 291.
92. — RUSSELL (A.). — The constitution of tannins. *Jour. chem. Soc.*, 1934, 18, p. 168, 1066, 1506 et 1940.

93. — SACK (J.) in SMITH (H. H.). — *The fermentation of cacao*, London, 1913, p. 149.
94. — SCHLENKER (F. S.). — The quantitative microanalysis of plant juice reducing sugar and sucrose. *Journ. of biol. Chem.* 1933, 102, p. 29.
95. — SCHUSTER (G.). — Sur l'oxydation de quelques corps gras par le permanganate de potassium. *Thèse Doct. Univ. (Pharm.)*, Paris, 1931, p. 39.
96. — SCHWEITZER (C.). — Zur Kenntniss der Coffein und Theobrominhaltigen Glykoside in den Pflanzen. II. Kakaoglycoside (Cacaonin). *Pharm. Zeit.*, 1898, 43, p. 389.
97. — SÉVIGNÉ (M. DE RABUTIN-CHANTAL, marquise DE). — Lettres recueillies par MOMMERQUE, Paris, 1862, 2, p. 60 et 393.
98. — TSAKYROGLOU (G.). — Les carences alimentaires collectives de guerre (en particulier dans les empires centraux). *Thèse Doct. Méd.*, Lyon, 1922, p. 79.
99. — ULTÉE (A. J.) et VAN DORSSSEN. — Mededeelingen van het algemeen- Proef- Station op Java te Salatiga, 2, ser. N° 33. *Cultuurgids*, 1909, 2, N° 12.— Cités par ADAM (W. B.), HARDY (F.) et NIERENSTEIN (M.), *Journ. amer. chem. Soc.*, 1931, 53, p. 727 .
100. — VOLTAIRE. — *Candide*, chap. XXV.
101. — WEEVERS (Th.). — Untersuchungen über Theobroma cacao. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, 1907, 6, p. 47.
-

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE PREMIER. — Le cacao et le chocolat à travers les âges	5
CHAPITRE II. — Le cacaoyer, sa culture et la récolte du cacao	15
CHAPITRE III. — Influence de divers traitements sur la constitution chimique du cacao	28
CHAPITRE IV. — Fabrication et composition chimique des divers chocolats	50
CHAPITRE V. — Détermination de la valeur alimentaire des chocolats	63
CHAPITRE VI. — Analyse biologique des chocolats non additionnés	77
CHAPITRE VII. — Influence de quelques préparations chocolatées sur le métabolisme de base	89
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	103
BIBLIOGRAPHIE	107

